

DER BLEIGEHALT MENSCHLICHER KNOCHEN
EINE UNTERSUCHUNG VON KNOCHENPROBEN AUS
FELSENBEIN, BECKENKAMM UND FEMUR VON
82 PROBANDEN IM ALTER VON
0 - 20 JAHREN AUS MÜNCHEN UND DEM
SÜDBAYERISCHEN RAUM

JOHANNES OTT

1987

Dishui. München





Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554619_0030

Aus dem Institut für Rechtsmedizin der Universität München
Vorstand: Prof.Dr.med. W. Spann

Der Bleigehalt menschlicher Knochen
Eine Untersuchung von Knochenproben
aus Felsenbein, Beckenkamm und Femur
von 82 Probanden im Alter von
0 bis 20 Jahren aus München und dem
südbayerischen Raum

DISSERTATION
zum Erwerb des Doktorgrades in der Zahnheilkunde
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Johannes Ott
aus
Altenmünster

1987

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Priv. Doz. Dr. G. Drasch

Mitberichterstatter: Prof. Dr. W. Eisenmenger

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter:

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 24.11.87

An dieser Stelle möchte ich Prof. Dr. med. W. Spann danken,
der es mir ermöglichte, diese Arbeit in seinem Institut
durchzuführen.

Herrn Priv. Doz. Dr. G. Drasch vom Institut für Rechtsmedizin
danke ich herzlich für die Anregung und Betreuung zur Er-
stellung dieser Arbeit.

Inhalt

1. Einleitung
2. "Quellen" der menschlichen Bleibelastung
3. Bleimetabolismus
 - 3.1. Aufnahme
 - 3.2. Verteilung im Organismus
 - 3.3. Mobilisierung und Ausscheidung
4. Toxizität
5. Besonderheiten bei Kindern
6. Eigene Untersuchungen
 - 6.1. Aufgabenstellung
 - 6.2. Untersuchungsgut
 - 6.3. Methodik
 - 6.4. Ergebnisse
 - 6.4.1. Abhängigkeit der Bleikonzentration vom Knochentyp
 - 6.4.2. Abhängigkeit der Bleikonzentration vom Lebensalter
 - 6.4.3. Abhängigkeit der Bleikonzentration vom Geschlecht
 - 6.4.4. Abhängigkeit der Bleikonzentration vom Wohnort
 - 6.4.5. Zusammenhänge zwischen der Bleikonzentration und dem plötzlichen Kindstod (SIDS)
 - 6.4.6. Berechnung der Gesamtkörperbelastung
7. Diskussion
8. Zusammenfassung
9. Literaturverzeichnis

I. Einleitung

Im Jahr 1971 wurde vom englischen Autor Bryce-Smith der Bleigehalt in der Luft als eine größere Gefahr für den Menschen als der DDT-Gehalt in unseren Nahrungsmitteln bezeichnet.

Während akute Bleivergiftungen zunehmend seltener beobachtet werden, besteht seit den siebziger Jahren beträchtliche Sorge wegen des möglichen chronischen Effekts der Langzeitexposition von relativ geringen Bleikonzentrationen in der Umwelt. (Waldron, 1974; Science Counsil of Canada, 1977; US Congress, 1976; WHO 1977)

Wie neuere Untersuchungen verschiedener Autoren zeigen, wirkt Blei in relativ niedriger Konzentration und langer Expositionszeit als Neurotoxin. (Beattie et al, 1975; Needleman, 1983; Yule, 1981; Averill, 1980)

Insbesondere Kinder erscheinen gefährdet. Da Blei plazentagängig ist, liegt die Bedeutung der pränatalen und frühkindlichen Belastung darin, daß das ZNS in den prä- und unmittelbar postnatalen Entwicklungsstadien bereits durch kleinste Mengen Blei vulnerabel ist. (Baltrop, 1969; Buchet, 1967; Clarc, 1976; Ryu, 1978;)

So scheint Blei in Zusammenhang mit dem "plötzlichen Kindstod" zu stehen. (Erickson, 1983) Andere Autoren machen das Blei als Umweltgift für die vermehrte Stressempfindlichkeit der Menschen verantwortlich. (Konietzko, 1979)

Zur Aufklärung des Problemes wurden die Bleikonzentrationen in verschiedenen menschlichen Geweben gemessen. (Barry, 1975) Weichgewebe, wie Blut, Leber, Niere, Lunge sollen die momentane Belastung wiedergeben.

Dagegen speichern die Hartgewebe Zahn und Knochen das Blei über lange Zeiträume, (Barry, 1975; Greandjean, 1975; Rabinowitz, 1976) und erlauben eine zurückliegende Bleibelastung auch dann noch nachzuweisen, wenn die Blutwerte schon wieder in den Normbereich zurückgekehrt sind. (Ewers et al, 1979)

90 bis 95 % des resorbierten Bleis sind im Skelett gespeichert. (Barry, 1975; Greandjean, 1975)

Es ist für die Charakterisierung der chronischen Pb-Exposition besonders gut geeignet. (Zink, Schwerd, 1978)

In den verschiedenen Knochen des Skeletts besitzt das eingelagerte Blei unterschiedliche Halbwertszeiten; so verbleibt Blei in kompakten Knochen länger als in spongiösen. (Barry, 1975; Greandjean, 1975; Drasch, 1983)

In der vorliegenden Arbeit soll unter Berücksichtigung der besonderen Gefährdung der Kinder und Jugendlichen untersucht werden, ob sich die Bleikonzentration in verschiedenen Knochen und bei verschiedener Exposition ändert, ob sie sich mit zunehmendem Alter verändert und wie stark Kinder und Jugendliche in München und im umgebenden südbayerischen Raum mit dem Umweltgift Blei belastet sind.

Auch die Frage, ob an plötzlichem Kindstod verstorbene Säuglinge höher mit Blei belastet waren, als andere soll untersucht werden.

2. Quellen der Bleibelastung

In früheren Zeiten waren die Quellen der akuten bzw. chronischen Pb-Intoxikation unter anderem Pb-haltige Glasuren, Bleirohre der Trinkwasserversorgung, Pb-arsenat in Schädlingsbekämpfungsmitteln, bleihaltige Arzneien, auch mit Bleizucker versetzter Wein und das wegen seiner großen Deckkraft in Farben verwendete basische Bleikarbonat. (Konietzko, 1979; Zink, Schwerd, 1978; Greandjean, 1975)

Heute werden die Autoabgase als Hauptquelle angesehen. Sie enthalten Bleichloride, -oxide, -carbonate und -bromide in feinvernebelter Form, die den Antiklopfmitteln Bleitetramethyl und Bleitetraethyl entstammen. (Zink, Schwerd, 1978)

Für Verkehrsballungsgebiete in Großstädten werden in der Literatur Werte von 5 bis 40 µg Blei pro Kubikmeter Luft angegeben. (Haas et al, 1972; Jeklin, 1956)

Die Bleipartikel in diesem Aerosol sammeln sich an den Hauswänden und werden dann vom Regen in den Boden gewaschen. (Mielke, 1984)

Nach Mielkes Untersuchungen in Minneapolis USA ist der Bleigehalt des Bodens abhängig von der Verkehrsdichte und nimmt vom Land bis in städtische Hauptverkehrsgebiete bis zum 100-fachen zu.

So werden Böden mit Bleikonzentrationen von 500 bis 1000 mg Pb/kg für Kinder als potentiell gefährlich angesehen. Andererseits verbreitet sich das bleihaltige Aerosol auch in der Atmosphäre über weite Strecken. Als Beweis wird der Anstieg im grönländischen Schnee von 0,06 µg Pb/kg um 1900 auf 0,2 µg Pb/kg im Jahre 1950 angeführt. (Murozumi, 1969) In der Bundesrepublik ist der Zusatz von Pb zum Benzin seit 1974 auf maximal 0,15 g/l begrenzt.



Auch das Trinkwasser spielt als "Bleiquelle" eine Rolle. Aus der Literatur ist bekannt, daß besonders weiches Wasser aus alten Bleirohren Bleitionen lösen kann (Kempf et al, 1972). Allerdings bestehen in der Stadt München weniger als 1 Prozent der Wasserrohre aus Blei; zudem herrscht im gesamten südbayerischen Einzugsgebiet der vorliegenden Untersuchung hartes Wasser vor. Packham (1974) weist darauf hin, daß auch neuzeitliche PVC-Leitungen unakzeptabel hohe Bleimengen abgeben können, da sie als Stabilisator Bleistearat enthalten. In Deutschland darf Trinkwasser maximal 40 µg Blei pro Liter enthalten (Trinkwasserverordnung 1975).

Auch in Nahrungsmitteln kann Blei enthalten sein. In der Bundesrepublik bestehen seit 1979 Richtlinien über den tolerierbaren Bleigehalt verschiedener Lebensmittel. Bei Pflanzen und Früchten befindet sich das Blei vorwiegend auf der Oberfläche und kann zum größten Teil abgewaschen werden (Drasch, 1983).

Für Milch werden in den USA Werte von 0,05 ppm angegeben, die jedoch bei an der Hauptstraße grasenden Kühen bedeutend überschritten werden (Murphy et al, 1967).

Die WHO (1977) hält eine Bleiaufnahme aus der Nahrung von täglich 400 µg für Erwachsene für vorläufig duldbar.

Berufliche Expositionen, wie zum Beispiel bei Beschäftigten in Akkumulatorenfabriken, spielen bei der Untersuchten Population keine Rolle.

3. Bleimetabolismus

3.1. Bleiaufnahme

Nach Haas (1972) beträgt die Pb-Aufnahme per Inhalationem 40 µg pro Tag, wovon 30 bis 40 % resorbiert werden (Weichard et al, 1970). Die Resorptionsrate hängt dabei von der Partikelgröße ab.

Größere Partikel setzen sich in den oberen Luftwegen ab und gelangen später in den Darm; kleinere, besonders solche kleiner 0,3 µm erreichen die unteren Luftwege, wovon ein Teil im Lungengewebe abgelagert wird, während der größere Teil resorbiert wird und sich im Blut verteilt.

(Tipton et al, 1964)

Nordberg (1976) gibt eine Resorptionsrate von 50 bis 100 % an.

Peroral werden pro Tag 300 bis 500 µg Blei aufgenommen, von denen beim Erwachsenen 5 bis 10 % im Darm resorbiert werden. (Lehnert, 1976)

Die Bleiresorption im Darm ist neben anderen Faktoren abhängig von der Löslichkeit der Bleiverbindung, wobei Bleionen im Magensaft besser löslich sind als im Darm. Bei Verstopfung und bei calciumarmer Nahrung ist die Resorptionsrate höher. Daneben spielen die Anwesenheit von Vitamin D, Phosphat und Komplexbildnern wie Inositolhexaphosphat eine Rolle bei der Bleiresorption. (Kehoe, 1970)

Bei Kindern ist die Resorptionsrate wesentlich höher als bei Adulten. Sie wird von verschiedenen Autoren mit bis zu 50 % angegeben. (Alexander et al, 1972; Tsuchiya, 1979)

Im Tierversuch wurden bei neugeborenen Ratten Resorptionsraten von 90 % gefunden, die bis zum Ende des ersten Lebensmonats auf 15 % absinken (Six et al, 1972). Bei tragenden Ratten steigt die Resorption um das dreieinhalbfache (Kostial, 1972).

Ob beim Menschen ähnliche Verhältnisse vorliegen ist bisher nicht geklärt.

Die perkutane Resorption spielt im Allgemeinen eine untergeordnete Rolle. Es können geringe Mengen Blei, zum Beispiel aus Schmiermitteln wegen deren Lipophilie, durch die Haut aufgenommen werden (Hine et al, 1969).

3.2. Verteilung im Organismus und Anreicherung in den Geweben

Nach der Resorption gelangt das Blei zunächst ins Blut.

90 % sind an die Erythrozyten gebunden, die restlichen 10 % liegen als Bleitionen vor (Desilva, 1981).

Aus dem Blut verteilt sich das Blei auf die anderen Gewebe.

Nach Rabinowiz (1976) kann man drei Kompartimente mit unterschiedlichen Halbwertszeiten unterscheiden :

1. Kompartiment : Blut 1,7 - 2 mg Blei
Halbwertszeit 35 Tage
2. Kompartiment : Weichgewebe 0,3 - 0,9 mg Blei
Halbwertszeit 40 Tage
3. Kompartiment : Skelett 200 mg Blei
Halbwertszeit 27 Jahre

Von der Gesamtkörperbelastung befinden sich nach Barry (1974) beim Erwachsenen 90 bis 95 % in den Knochen des Skeletts. Grandjean (1975) nimmt an, daß sich Blei bei akuter Exposition subperiostal und subepiphyseal einlagert. Der Einbau des Bleies in die Tricalciumphosphatkristalle der Wachstumszone ist wahrscheinlich. Nach langen Jahren der Exposition soll das Blei mehr gleichmäßig verteilt sein, da das Skelett reorganisiert wird und dies zur Gleichverteilung führt; wohingegen Unterschiede in den Konzentrationen auf eine "irreguläre" Exposition hinweisen sollen oder auf unterschiedlichem Gehalt an organischer Matrix und unterschiedlichem Wassergehalt beruhen (Grandjean, 1975).

Nach Barry (1974) befinden sich 70 % des Skelettbleies in den dichten, vorwiegend kompaktahaltigen Knochen. Die Freisetzung von Blei aus den Knochen wird von ihm als physiologisch unbedeutend bezeichnet.

Andere Autoren gehen davon aus, daß ein Teil des Bleies aus dem Skelett wieder mobilisiert wird und ins Blut gelangt; wobei die Angaben über die Verweildauer von wenigen Wochen bis zu 20 Jahren reichen (Rabinowitz, 1976).

A. Marcus (1985) nimmt an, daß Bleitionen, die in die Knochenmatrix eingewandert sind, diese durch Diffusion durchwandern.

Blei verhält sich dabei ähnlich wie die Erdalkalimetalle Ca, Sr, Ba, Ra, die als "Knochensucher" bekannt sind (Marcus, 1982). Marcus (1982) fand im Tierversuch an Beaglehunden drei verschiedene Bleifractionen mit unterschiedlichen Zeitkonstanten.

Danach besitzen 17 % des im Knochen eingelagerten Bleies eine Halbwertszeit von mehr als 2200 Tagen, 35 % eine Halbwertszeit von 55 bis 500 Tagen und 67 % eine Halbwertszeit von 10 bis 55 Tagen.

Daneben wird Blei auch in Zähnen, Haaren und Nägeln gespeichert.

Burltrop et al (1974) fanden bei zwei verschiedenen Gruppen von Kindern die in Gebieten mit hohem und niedrigem Bleigehalt des Bodens lebten bedeutende Unterschiede in den Bleikonzentrationen von Haaren und Nägeln.

Interessant erscheinen auch die Zähne. Ihr Bleigehalt ist nach Strehlow und Knelp (1969) höher als derjenige des Knochens.

Im Gegensatz zum Knochen, wo durch den An- und Abbau von Substanz ein ständiger Austausch stattfindet akkumuliert Blei im Zahn stetig (Ewers et al, 1979).

Jedoch wird nach Fischer und Weigert (1979) auch im Felsenbein ohne wesentliche Abbauvorgänge während des ganzen Lebens Blei akkumuliert und deswegen ein sehr hohe Bleiwert erreicht.

Aus den Bleikonzentrationen der einzelnen Gewebe und ihrem prozentualen Anteil an der Körpermasse lässt sich die sogenannte "bodyburden" als Gesamtkörperbelastung errechnen. Sie wird von Barry (1975) mit 164,8 mg Pb für Männer und 103,6 mg Pb für Frauen angegeben.

3.3. Mobilisierung und Ausscheidung

Da Knochen dauernd resorbiert und neu gebildet wird, unterliegt der Mineralanteil und somit auch das Blei, das sich ähnlich wie Calcium verhält, einem aktiven "turnover". Er beträgt nach Ganong (1979) im Jahr etwa 18 % beim Erwachsenen und 100 % beim Kind.

Greandjean (1975) dagegen gibt einen Durchschnittswert von nur 3,5 % an. Wobei nach diesen Angaben der "turnover" für Wirbel mit 8 % fünfmal größer als der von Femur (1,5 %) ist.

Auch durch acidotische Stoffwechsellage, durch Fleber, Kortikosterolde und durch Immobilisierung kann Blei aus dem Skelett mobilisiert werden. Von besonderer Bedeutung ist eine mögliche Bleimobilisierung während der Gravidität, da das plazentagänglige Blei das ungeborene Kind, insbesondere dessen ZNS schädigen kann (Buchet, 1967).

Oral aufgenommenes Blei wird vorwiegend über den Faeces ausgeschieden. Blei das den Blutpool verläßt, wird bis zu 80 % über die Nieren eliminiert (Drasch, 1983).

4. Toxizität

Eine physiologische Bedeutung des Bleies als Spurenelement ist bis jetzt nicht nachgewiesen worden.

Blei wirkt im Organismus toxisch auf die Erythrozyten, auf die glatte Muskulatur und auf das motorische Nervensystem. Symptome dieser toxischen Wirkung sind unter anderem : hypochrome Anämie, Bleiblässe, Kopfschmerzen, Schwindel, Bleikolik, Fallhand, Bleisaum an der Gingiva.

Wegen der Kontaminierung der Umwelt mit relativ niedrigen Bleikonzentrationen, die selten ausreichen um die klassischen Symptome der akuten oder chronischen Vergiftung hervorzurufen, jedoch zu neurologischen Manifestationen insbesondere bei Kindern führen können, wurde Blei als wichtigstes und am weitesten verbreitetstes Neurotoxin bezeichnet (Needleman, 1983).

Bei Affen wurde ab einer Blutbleikonzentration von 20 bis 50 µg/dl eine verminderte Lernfähigkeit festgestellt (Rice und Willes, 1979).

Im Tierexperiment fanden Carter und Leander (1980) eine Schädigung der Nervenzellen bereits bei niedrigen Konzentrationen.

Bei Nagetieren und Primaten wurde ein veränderter Bau der Synapsen und ein verspätetes Auftreten von Cytochromen im unreifen Gehirn festgestellt (Averill, 1980; Bull, 1979). Ursache dafür ist die Hemmung der Aminolävulin säure-dehydratase (Seubert, 1980).

5. Besonderheiten bei Kindern

Kinder gelten als Risikogruppe; wobei Kinder im Alter von einem bis sechs Jahren als besonders gefährdet angesehen werden (Mackenzie, 1984). Nach Hammond (1982) absorbieren und speichern Kinder 50 % des Bleies das sie enteral aufnehmen.

Mahaffy (1977) nennt als höchsttolerierbare orale Tagesdosis für Kinder zwischen einem halben und zwei Jahren 150 µg Blei. Dieser Grenzwert wird nach Mielke (1984) schon von weniger als 0,2 g hochkontaminierten Straßentaubes oder bleihaltiger Farbe erreicht. Da Kinder im genannten Alter sich vorwiegend am Boden aufhalten, dort umherkrabbeln, alle Arten von Gegenständen in den Mund stecken und häufig an ihren Fingern lutschen erscheinen sie sehr gefährdet (Mielke 1984).

Auch ist die pulmonale Aufnahme beim Kind relativ höher als beim Erwachsenen, da es wegen seines höheren Sauerstoffbedarfes mehr Luft im Verhältnis zu seinem Körpergewicht atmet (Erickson, 1983).

Folge eines noch unreifen Eliminationsmechanismus ist beim Säugling und Kleinkind eine erhöhte Bleiretention (Erickson, 1983).

Beim Kleinkind wurde als Folge von Bleiretention im Knochen die Ausbildung sogenannter Bleilinen nachgewiesen (Sachs, 1981). Sie manifestieren sich bei einer Blutbleikonzentration von über 70 µg pro Deziliter.

Zudem ist der kindliche Organismus empfindlicher für das Neurotoxin Blei (Greandjean, 1979).

Von britischen Forschern wurde festgestellt, daß Kinder mit einem Blutbleigehalt von mehr als 13 µg pro Deziliter eine Abnahme des IQ von 7 % erleiden (Yule et al, 1981).

Ratcliff (1981) stellte fest, daß chronische "lowlevel Expositionen" psychische Störungen verursachen.

Auch Verlängerung der Reaktionszeit und Konzentrationschwäche wurden beschrieben (Needleman, 1983).

Auch pränatal ist der Fetus im Mutterleib gefährdet. Ein höherer mütterlicher Knochenturnover während der Schwangerschaft kann abgelagertes Blei freisetzen, das über die Plazenta in den fetalen Kreislauf gelangt. (Bultrop, Buchet, 1967; Ryu, 1978; Clark, 1977; Schröder, 1971)

Erickson (1983) fand bei vergleichenden Untersuchungen an Kindern die an SIDS starben, höhere Bleikonzentrationen in verschiedenen Geweben.

Am meisten gefährdet sind Kinder, die in schlechten sozio-ökonomischen Verhältnissen leben. Da hier zu den organischen Handicaps noch schlechte äußere Bedingungen wie Altbauwohnungen mit Bleiwasserrohren und bleihaltiger Wandfarbe, nahe Vorbeiführung der Hauptverkehrsstraßen und mangelnde Hygiene hinzukommen. Beispielfhaft hierfür sind die Untersuchungen an den "Hmong-Kindern" in Minneapolis von Mielke (1984), die eine hohe Bleikonzentration im Blut von Kindern zutage brachte die unter solch schlechten Verhältnissen lebten.

6. Eigene Untersuchungen

6.1. Aufgabenstellung

Aufgrund des gestiegenen Umweltbewußtseins und der Erkenntnis der Gefahr die von der Verwendung bleihaltiger Materialien und Kraftstoffen ausgeht, bestehen heute Gesetze und Vorschriften, die die Bleiverwendung limitieren.

Insbesondere die Hauptquelle der Bleikontamination, nämlich der Zusatz von Bleitetramethyl und Tetraethyl zum Vergaßerkraftstoff wurde abgesenkt.

Seit 1974 beträgt in der Bundesrepublik die Höchstmenge 0,15 g Pb/l Benzin.

In den nächsten 10 bis 20 Jahren darf bei optimistischer Betrachtungsweise aufgrund der Einführung der Katalysatortechnik bei Kraftfahrzeugen auf ein nahezu völliges Verschwinden des Bleies aus dem Benzin, und damit auf die Eliminierung der Hauptkontaminationsquelle gehofft werden.

Da Kinder und Jugendliche als Hauptrisikogruppe angesehen werden, erschien es interessant den Kontaminationsgrad dieser Gruppe zu dokumentieren.

Er soll verglichen werden mit dem von 1974, der aus einer Arbeit von R. Kreglinger vorliegt und mit anderen in der Literatur angegebenen Werten. Insbesondere mit denen von Barry (1975), Greandjean (1975) und Erickson (1983).

Ferner soll nachgeprüft werden ob sich vorwiegend spongioser Knochen wie Beckenkamm mit relativ hohem turnover von vorwiegend kompakten Knochen wie Femur und Felsenbein, für das in der Literatur (Barry, 1975; Greanjean, 1975; Fischer und Welgert, 1979) die höchsten Pb-Werte angegeben werden, hinsichtlich der Bleilakkumulation unterscheiden.

Auch die Abhängigkeit der Bleiakкумуляtion von der Expositionszeit, vom Wohnort und vom Geschlecht wurde untersucht.

Besonders interessant erschien die Überprüfung des Knochenbleigehaltes von am "plötzlichen Kindstod" (SIDS) verstorbenen Säuglingen.

6.2. Untersuchungsgut

Am Institut für Rechtsmedizin der Universität München wurden im Jahr 1984 bei Sektionen von insgesamt 82 Individuen im Alter von 0,05 bis zu 20 Jahren Knochenproben entnommen.

Es wurden folgende Knochen gewählt :

Felsenbeinpyramide (P)

Beckenkamm (B)

Femurmitte (F) (nur Compactamaterial)

Felsenbein enthält nach Untersuchungen von Fischer und Weigert (1975), sowie von Barry (1975) die höchsten Bleikonzentrationen. Aus dem in der Hauptsache aus Compacta bestehenden Knochen soll nach Angaben genannter Autoren kaum Blei mobilisiert werden.

Die gewonnenen Felsenbeinautopsien sollen über die Bleilakkumulation während der Expositionszeit Auskunft geben. Femurmitte ist der Knochen dessen Bleikonzentration von den meisten Autoren angegeben wird.

Beckenkamm, ein vorwiegend spongiöser, gut vaskularisierter Knochen, der nach Rabinowitz (1977) dem Knochentyp angehört, der Blei der schnell austauschbaren Fraktion enthält, soll mehr den aktuellen Stand der Exposition zum Zeitpunkt des Todes des Individuums zeigen.

Außerdem kann dieser Knochen am Lebenden durch Biopsie gewonnen werden.

Von den Autopsien waren 42 weiblich und 40 männlich; 25 stammten aus München Stadt, 57 hatten ihren letzten Wohnsitz im umgebenden südbayerischen Raum (Tab. 1).

Tab.1 : Übersicht über die Daten der asservierten Knochen

NR.	GS-Nummer	Alter	Geschlecht	Wohnort
		(Jahre)		
1	1109/84	.005	weibl.	Land
2	1141/84	.1	weibl.	Stadt
3	1920/84	.1	weibl.	Stadt
4	1871/84	.1	männl.	Land
5	2061/84	.1	weibl.	Stadt
6	1586/84	.2	weibl.	Land
7	2157/84	.2	weibl.	Land
8	2006/84	.2	männl.	Stadt
9	1070/84	.25	männl.	Land
10	2094/84	.3	männl.	Land
11	2050/84	.3	weibl.	Land
12	2066/84	.3	weibl.	Stadt
13	1285/84	.3	männl.	Stadt
14	2015/84	.5	weibl.	Land
15	438/84	.5	männl.	Land
16	2055/84	.5	weibl.	Stadt
17	1063/84	.5	weibl.	Land
18	515/84	.6	weibl.	Stadt
19	736/84	.6	männl.	Land
20	2062/84	.6	männl.	Land
21	588/84	.75	männl.	Stadt
22	514/84	.75	weibl.	Land
23	845/84	.8	weibl.	Land
24	1995/84	.9	weibl.	Land
25	1115/84	1	weibl.	Land
26	1854/84	1.1	männl.	Stadt
27	1078/84	1.2	männl.	Land
28	859/84	1.3	männl.	Land
29	822/84	1.7	männl.	Land

NR.	GS-Nummer	Alter (Jahre)	Geschlecht	Wohnort
30	1962/84	2	weibl.	Land
31	626/84	2	weibl.	Land
32	601/84	3	weibl.	Stadt
33	487/84	3	weibl.	Land
34	641/84	3	männl.	Land
35	648/84	3	weibl.	Land
36	1135/84	3	weibl.	Land
37	1989/84	3.5	männl.	Stadt
38	1138/84	4	männl.	Stadt
39	2031/84	4	weibl.	Land
40	1221/84	4	männl.	Stadt
41	1172/84	5	weibl.	Land
42	1271/84	5	männl.	Land
43	1932/84	5	weibl.	Land
44	705/84	6	weibl.	Land
45	1147/84	6	männl.	Stadt
46	996/84	6	männl.	Land
47	534/84	9	männl.	Land
48	1024/84	11	weibl.	Land
49	1180/84	12	männl.	Land
50	1550/84	13	männl.	Land
51	1835/84	13	männl.	Land
52	1531/84	14	männl.	Land
53	595/84	14	weibl.	Stadt
54	1560/84	14	männl.	Land
55	1105/84	15	männl.	Land
56	998/84	15	weibl.	Land
57	599/84	16	männl.	Land
58	1893/84	16	weibl.	Land
59	597/84	17	weibl.	Stadt
60	682/84	17	männl.	Stadt
61	793/84	17	weibl.	Land

NR.	GS-Nummer	Alter (Jahre)	Geschlecht	Wohnort
62	591/84	17	männl.	Stadt
63	883/84	17	weibl.	Land
64	777/84	18	weibl.	Land
65	1230/84	18	weibl.	Land
66	644/84	18	männl.	Land
67	430/84	18	männl.	Land
68	497/84	18	weibl.	Stadt
69	803/84	18	männl.	Land
70	525/84	19	männl.	Land
71	980/84	19	weibl.	Land
72	439/84	19	männl.	Land
73	1049/84	19	männl.	Stadt
74	446/84	19	weibl.	Stadt
75	948/84	19	weibl.	Land
76	1031/84	20	männl.	Stadt
77	2069/84	20	weibl.	Stadt
78	1548/84	20	weibl.	Land
79	423/84	20	männl.	Land
80	709/84	20	weibl.	Stadt
81	848/84	20	männl.	Land
82	681/84	20	männl.	Land

6.3. Methodik

Bei der Autopsie wurden von den genannten Knochen mit einem Knochenmehsel jeweils Stücke von ca. 5 g Gewicht entnommen. Bei dieser Entnahmetechnik ist nach Drasch (1983) mit keiner nennenswerten Kontamination der Proben zu rechnen. Die Proben wurden mit einem Präparierskalpell von anhaftendem Perlost und Weichgewebe gesäubert. Nach Spülen mit Wasser und Trocknen wurden die Asservate in Plastikdöschen gegeben mit der GS-Nummer beschriftet und tiefgefroren bei - 16 Grad Celsius aufbewahrt.

Zum Ansetzen des Aufschlusses wurden Stücke von etwa 100 bis 200 mg Gewicht benötigt. Die Proben wurden deshalb mit Hilfe eines Messers zerkleinert, mit entmineralisiertem Wasser gespült und auf einer Analysenwaage (Mettler) gewogen.

Mit 500 µl konzentrierte Salpetersäure (Merk Suprapur) wurde dann in Zentrifugengläsern der Aufschluß angesetzt. Wie sich in Vorversuchen herausstellte geben diese Gläser mit konzentrierter Salpetersäure weniger Blei ab als Reagiergefäße aus Kunststoff.

Nach ca. 2 Tagen hatte sich der Knochen vollständig gelöst. Jedoch fanden sich im Überstand organische Reste, überwiegend Fett.

Es wurden vom Boden des Gefäßes 50 µl Aufschluß mit einer Pipette abgesaugt und mit entmineralisiertem Wasser die benötigten Verdünnungen hergestellt. Diese wurden vor der Analyse in Eppendorfgefäßen auf dem Rüttler jeweils 20 Sekunden gemischt.

Zur Analyse wurden folgende Lösungen hergestellt :

Blindwert : 50 μ l HNO_3
 + 450 μ l H_2O entmineralisiert

Probe : 50 μ l Aufschluß
 + 450 μ l H_2O entmineralisiert

Additionslösung : 50 μ l Aufschluß
 + 25 μ l Standard
 + 425 μ l H_2O entmineralisiert

25 μ l Standard enthalten 1 ng Pb

Messung

Die Analyse wurde mit Hilfe der flammenlosen Atomabsorptionsspektrographie (AAS) mit dem Gerät ZEEMAN 3030 AAS (Perkin Elmer, Überlingen) durchgeführt.

Die Nachweisgrenze für Blei liegt bei diesem Verfahren bei 10^{-10} g. Die AAS ist eine der empfindlichsten Methoden.

Die Bleibestimmung wurde nach den Standardadditionsverfahren vorgenommen. Es wurden jeweils zweimal 20 μ l von Blindwert, Probe und Additionslösung eingespritzt und unter folgenden Messbedingungen analysiert :

	Temperatur (Grad C)	Zeit (sec)	Ramptime (sec)
trocknen	120	40	20
veraschen	500	40	20
atomisieren	2400	4	1
nachglühen	2700	6	3

Aus den abgelesenen Werten wurde die Bleikonzentration nach folgender Formel in mg/kg berechnet :

$$\frac{250 \cdot x}{y} = \text{mg Pb/kg Knochen}$$

x = ng Pb in 20 µl Einspritzlösung

y = mg Knochen im Aufschluß

Da durch Zugabe von Knochen in 500 µl Salpetersäure das Volumen erhöht wird, muß das Ergebnis um den Faktor 1,006 korregiert werden.

Der Korrekturfaktor wurde durch experimentelle Ermittlung der Volumenzunahme bestimmt.

6.4. Ergebnisse

Die ermittelten Werte der einzelnen Knochen, nach dem Alter geordnet, sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Für die einzelnen Knochen wurden folgende Abkürzungen gewählt :

P = Felsenbein (engl. Petrous-Bone)

B = Beckenkamm

F = Femurmitte

Die angegebenen Werte haben die Benennung mg Pb/kg Knochen und beziehen sich auf das Naßgewicht.

Für die statistische Berechnung wurde der geometrische Mittelwert verwendet.

Tabelle 3 gibt eine Übersicht über die Mittelwerte der Bleikonzentrationen und deren Streuung.

Auffällig hohe Bleikonzentrationen erreichte ein 18-jähriger Proband (Ifd.Nr. 66). Wegen einer möglichen beruflichen Exposition wurde er statistisch nicht berücksichtigt.

Aufgrund der Häufung der Probanden in bestimmten Altersabschnitten wurde eine Altersklassierung vorgenommen.

In Gruppe 1 (0 bis 1 Jahr) wurden 25 Säuglinge mit einem Altersdurchschnitt von 0,41 Jahren zusammengefasst.

Gruppe 2 (1 bis 6 Jahre) beinhaltet 18 Kleinkinder mit einem Durchschnittsalter von 3,04 Jahren.

In Gruppe 3 (10 bis 20 Jahre) sind 34 Schüler und

Jugendliche mit dem Durchschnittsalter von 17,11 Jahren.

Das Durchschnittsalter des Gesamtgutes, Gruppe 4, war 8,32 Jahre. (Tab. 4)

Dies hat den Vorteil Risikogruppen wie zum Beispiel ein- bis sechsjährige gesondert betrachten zu können.

Leider standen im Schulalter zwischen 6 und 10 Jahren nur 4 Werte zur Verfügung, sodaß eine gesonderte statistische Analyse dieser Gruppe nicht sinnvoll erschien.

Tab. 2 : Übersicht über die Bleikonzentrationen der
einzelnen Knochen in mg/kg

NR.	Felsenbein	Beckenkamm	Femur	arith.Mittel- wert mg/kg
1	.22	.25	.19	.22
2	.15	.12	.12	.13
3	.60	.56	.46	.54
4	.28	.28	.20	.25
5	.75	.33	.48	.52
6	.21	.47	.36	.35
7	.36	.26	2.05	.89
8	.35	.27	.42	.35
9	.30	.14	.23	.23
10	.53	.37	.41	.44
11	.50	.28	.38	.39
12	.18	.19	.14	.17
13	.31	.15	.20	.22
14	.83	.33	.60	.59
15	.30	.57	.74	.54
16	.44	.37	.36	.39
17	.19	.13	.19	.17
18	.53	.77	.42	.57
19	.36	.21	.37	.31
20	.29	.29	.29	.29
21	.29	.09	.40	.26
22	.31	.13	.15	.20
23	.12	.17	.22	.17
24	.37	.26	.30	.31
25	.48	.52	.51	.50
26	.37	.41	.34	.37
27	.30	.41	.38	.36
28	.26	.18	.30	.25

NR.	Felsenbein	Beckenkamm	Femur	arith.Mittel-	
				wert	mg/kg
29	.27	.38	.36	.34	
30	.52	.49	.69	.57	
31	.50	.38	.63	.50	
32	.59	.42	.72	.58	
33	1.01	.59	.85	.82	
34	.61	.39	.54	.51	
35	.52	.61	1.03	.72	
36	.53	.39	.59	.50	
37	1.37	1.03	1.95	1.45	
38	.81	.48	.79	.39	
39	1.20	.99	1.49	1.23	
40	1.11	.65	1.31	1.02	
41	1.09	.36	.74	.73	
42	.57	.65	1.23	.82	
43	1.08	.74	1.42	1.08	
44	.47	.36	.77	.53	
45	1.61	.49	1.05	1.05	
46	.89	.31	.65	.62	
47	1.10	.39	.85	.78	
48	.50	.26	.36	.37	
49	1.23	.37	.80	.80	
50	1.19	.84	.80	.94	
51	.78	.31	.51	.53	
52	.91	.44	.91	.75	
53	3.63	.54	1.30	1.82	
54	1.29	.66	1.38	1.11	
55	2.46	.43	.88	1.26	
56	1.73	.51	.69	.98	
57	1.20	.64	.89	.91	
58	1.57	.59	.79	.98	
59	2.56	.54	1.53	1.54	
60	1.65	.73	1.95	1.44	

NR.	Felsenbein	Beckenkamm	Femur	arith.Mittel-	
				wert	mg/kg
61	1.16	.63	1.10	.96	
62	1.62	.46	.92	1.00	
63	.93	.41	.96	.77	
64	3.01	.52	2.06	1.86	
65	1.65	.46	1.17	1.09	
66	5.25	7.95	4.35	5.85	
67	1.89	.94	1.53	1.45	
68	4.09	.75	1.13	1.99	
69	2.88	.75	1.43	1.68	
70	1.39	.60	1.79	1.26	
71	1.47	.35	.47	.76	
72	.94	.51	.94	.80	
73	3.47	.77	1.82	2.02	
74	1.53	.35	1.04	.97	
75	3.07	.40	1.49	1.65	
76	2.95	2.17	3.39	2.84	
77	1.46	.68	1.17	1.10	
78	1.52	.78	.94	1.08	
79	2.19	1.52	1.71	1.81	
80	1.83	.79	1.50	1.37	
81	1.58	.48	1.50	1.19	
82	3.80	.72	1.90	2.14	

Tab. 3 : Übersicht über die Bleikonzentrationen in den einzelnen Knochen ($\bar{x}$ = geometrischer Mittelwert, slog = Streuung)

Pb-Werte: mg Pb/kg Knochen								
	n	Alters - durchschnitt	P		B		F	
			$\bar{x}$	slog	$\bar{x}$	slog	$\bar{x}$	slog
Gesamt- Gut	81	8,32	0,799	0,327	0,428	0,247	0,634	0,320
Stadt	25	8,22	0,930	0,414	0,454	0,303	0,734	0,372
Land	56	8,36	0,747	0,352	0,417	0,220	0,677	0,206
mannl	39	9,06	0,858	0,357	0,455	0,272	0,768	0,314
weibl	42	7,03	0,749	0,383	0,404	0,222	0,632	0,323

Tab. 4 : Gruppierung der Probanden nach dem Alter

Gruppe	Lebensabschnitt	Alter	Durchschnittsalter	Anzahl n
1	Säuglinge	0-1	0,41 Jahre	25
2	Kleinkinder	1-6	3,04 Jahre	18
3	Jugendliche	10-20	17,11 Jahre	34
4	Gesamtgut	0-20	8,32 Jahre	81

6.4.1. Abhängigkeit der Bleikonzentration vom Knochentyp

Eine Übersicht über die Bleikonzentration in den einzelnen Knochen in den verschiedenen Altersgruppen gibt Tabelle 5.

Betrachtet man das Gesamtgut (Gruppe 4) ergibt sich folgendes Bild (Abb. 1) :

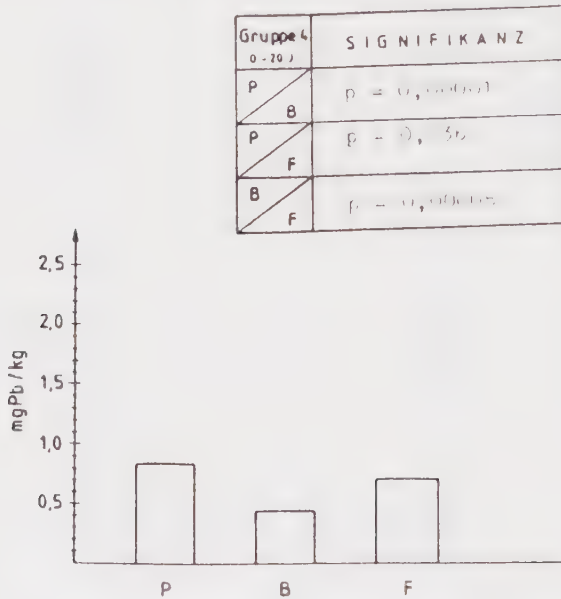


Abb. 1 : Säulendiagramm der geom. Mittelwerte der Bleikonzentrationen der einzelnen Knochen des Gesamtgutes (n = 81)

Felsenbein und Beckenkamm sowie Femur und Beckenkamm unterscheiden sich signifikant.

Bei Felsenbein und Femur besteht kein signifikanter Unterschied.

Es unterscheiden sich also die kompakten Knochen (P,F) vom

spongiosen (B); jedoch nicht die kompakten Knochen untereinander.

Felsenbein hat mit $x = 0,799$ mg Pb/kg die höchste Konzentration, gefolgt von Femur ($x = 0,694$ mg Pb/kg) und Beckenkamm ($x = 0,428$ mg Pb/kg). (Tab. 5)

In der Altersgruppe 3 (10- bis 20jährige) unterschieden sich alle Knochen signifikant voneinander; also auch die kompakten (P und F). Felsenbein besitzt mit $x = 1,762$ mg Pb/kg die höchste Bleikonzentration; es folgt Femur mit $x = 1,18$ mg Pb/kg. Beckenkamm hat mit $x = 0,628$ mg Pb/kg die niedrigste Konzentration. (Abb. 2)

Gruppe 3 10 - 20 J	SIGNIFIKANZ
P / B	$p = 0,0000006$
P / F	$p = 0,0022$
B / F	$p = 0,00006$

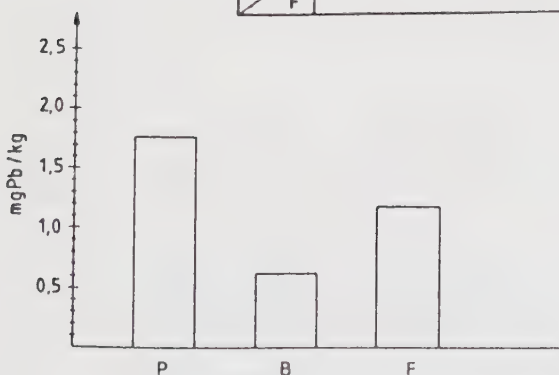


Abb. 2 : Säulendiagramm der geom. Mittelwerte der Bleikonzentrationen der einzelnen Knochen der 10- bis 20-jährigen ($n = 34$)

In Altersgruppe 2 (ein- bis sechsjährige) besteht nur ein signifikanter Unterschied zwischen Beckenkamm und Femur. Die anderen Knochen unterscheiden sich nicht signifikant. Entgegen den bisherigen Ergebnissen hat Femur mit $\bar{x} = 0,743$ mg Pb/kg Knochen die höchste Konzentration. An zweiter Stelle folgt Felsenbein ($\bar{x} = 0,623$ mg Pb/kg); den niedrigsten Durchschnittswert erreicht wiederum der Beckenkamm ($\bar{x} = 0,490$ mg Pb/kg). (Abb. 3)

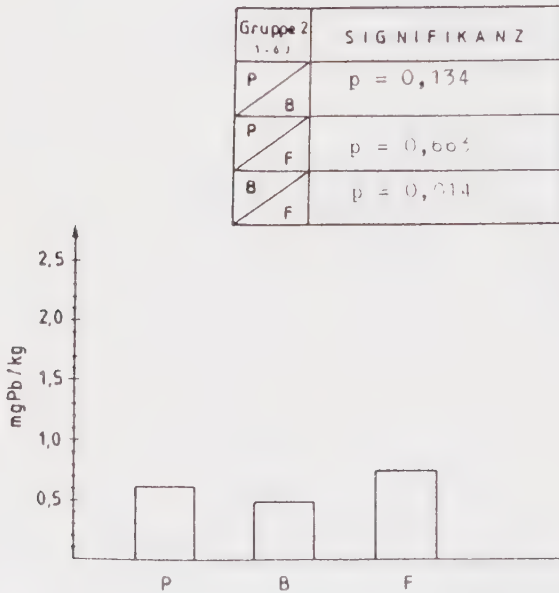


Abb. 3 : Säulendiagramm der geom. Mittelwerte der Bleikonzentrationen der einzelnen Knochen der 1- bis 6-jährigen ($n = 18$)

In Altersgruppe 1 (bis einjährige) ist kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Knochen feststellbar. Die höchsten Bleikonzentrationen finden sich im Felsenbein ($\bar{x} = 0,333 \text{ mg Pb/kg}$); es folgt Femur mit $\bar{x} = 0,263 \text{ mg Pb/kg}$. Beinahe gleichhoch sind die Werte im Beckenkamm ($\bar{x} = 0,260 \text{ mg Pb/kg}$). (Abb. 4)

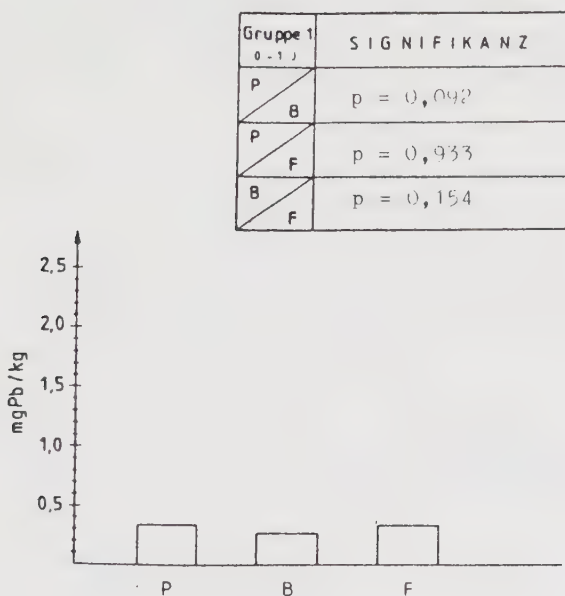


Abb. 4 : Säulendiagramm der geom. Mittelwerte der Bleikonzentrationen der einzelnen Knochen der bis 1-jährigen ($n = 25$)

Zusammenfassend wird festgestellt, daß sich mit zunehmendem Lebensalter ein Unterschied bezüglich der Bleikonzentrationen herausdifferenziert.

mgPb/ kg		Gruppe 1		Gruppe 2		Gruppe 3		Gruppe 4	
		0-1 Jahr		1-6 Jahr		10-16 Jahr		20-29 Jahr	
		n = 25		n = 18		n = 34		n = 9	
K N O C H E N		$\bar{x}$	S_{log}	$\bar{x}$	S_{log}	$\bar{x}$	S_{log}	$\bar{x}$	S_{log}
	P	0,553	0,205	0,633	0,225	1,764	0,263	0,764	0,271
	B	0,260	0,159	0,490	0,178	0,675	0,170	0,625	0,197
	F	0,529	0,265	0,743	0,238	1,184	0,171	0,664	0,271

Tab. 5 : Übersicht über die geom. Mittelwerte der Bleikonzentration der einzelnen Knochen in den einzelnen Altersgruppen

6.4.2. Abhängigkeit der Bleikonzentration vom Lebensalter

Im folgenden werden die einzelnen Knochen getrennt untersucht.

Felsenbein (P)

In Abbildung 5 sind die Einzelwerte dargestellt.

Die Regressionsgerade veranschaulicht eine deutliche Zunahme der Bleikonzentration mit steigendem Lebensalter innerhalb des Gesamtgutes. Die Korrelation ist positiv ($R = 0,775$).

MG PB/KG PETROUS B.

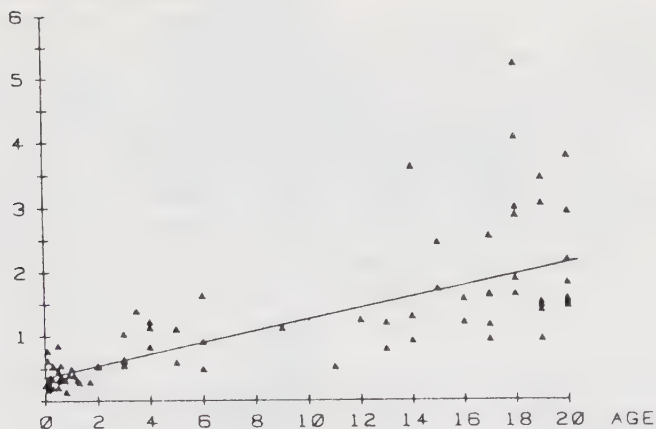


Abb. 5 : Bleikonzentrationen im Felsenbein (mg/kg) mit Regression, Gesamtgut (n = 82, 0 - 20 Jahre)

Abbildung 6 zeigt die Bleikonzentration des Felsenbeines und deren Streuungen.

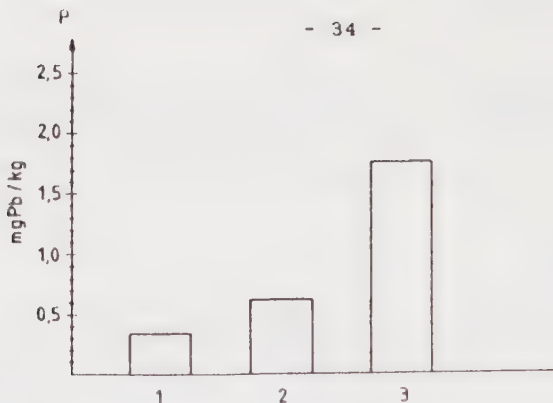


Abb. 6 : Säulendiagramm der geom. Mittelwerte der Bleikonzentrationen des Felsenbeines in den Altersgruppen 1 bis 3

Die geometrischen Mittelwerte steigen von 0,208 mg Pb/kg in Gruppe 1 über 0,623 mg Pb/kg in Gruppe 2 bis auf 1,762 mg Pb/kg Knochen in Gruppe 3 an. Die 10- bis 20-jährigen besitzen mit 1,762 mg Pb/kg Knochen die höchste Konzentration, die um den Faktor 2,8 höher ist als diejenige der 1- bis 6-jährigen. Die Säuglinge haben mit 0,333 mg Pb/kg die niedrigste Konzentration; sie beträgt geringfügig mehr als die Hälfte derer der zweiten Gruppe. (Tab. 6)

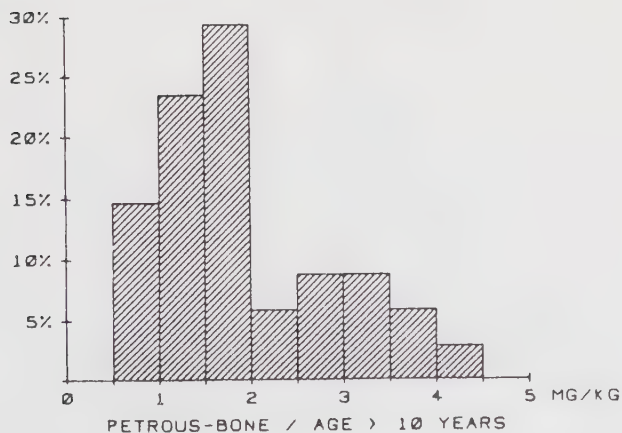
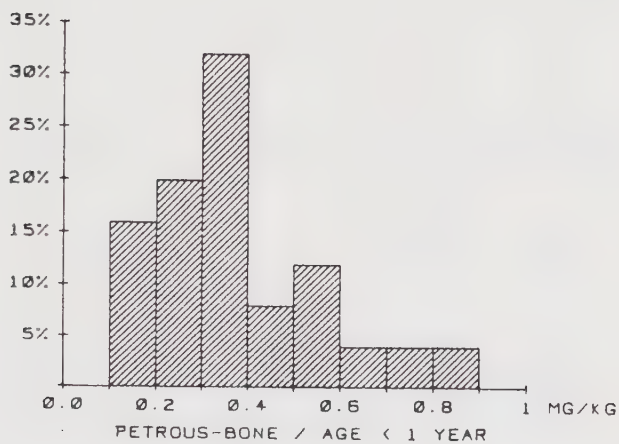
Felsenbein

Gruppe	1	2	3	4
$\bar{x}$	0,333	0,623	1,762	0,333
S_{log}	0,2000	0,223	0,26	0,33
R	0,0000	0,73	0,507	0,7

Tab. 6 : Geom. Mittelwerte, Streuungen und Korrelationskoeffizienten der Bleikonzentrationen des Felsenbeines in den einzelnen Altersgruppen

In Abbildung 7 sind die Häufigkeitsverteilungen der Gruppe 1 und 3 wiedergegeben.

Abb. 7 : Häufigkeitsverteilung der Bleikonzentration im Felsenbein



Beckenkamm (B)

Wie die Regressionsgerade in Abbildung 8 zeigt nimmt die Bleikonzentration mit steigendem Lebensalter nur langsam zu. Der Korrelationsfaktor R beträgt 0,493 beim Gesamtgut.

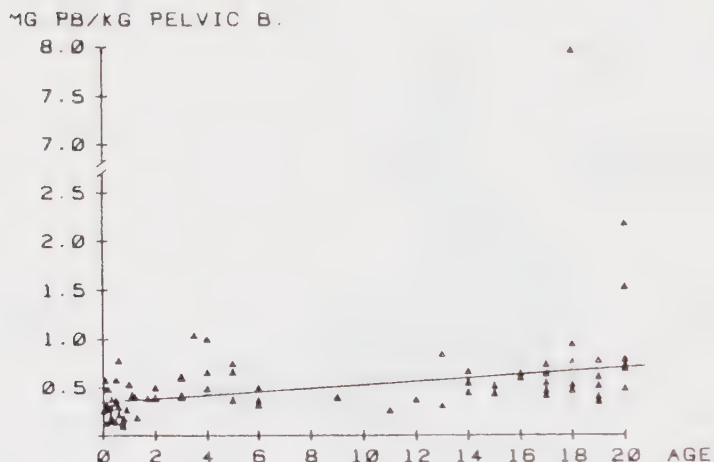


Abb. 8 : Bleikonzentrationen im Beckenkamm (mg/kg) mit Regression, Gesamtgut (n = 82, 0 - 20 Jahre)

Betrachtet man die einzelnen Altergruppen gesondert werden folgende Ergebnisse festgestellt :

Der Mittelwert beträgt bei Gruppe 1 0,260 mg Pb/kg Knochen. Er liegt bei Gruppe 2 mit 0,49 mg Pb/kg um den Faktor 1,9 höher. Dagegen haben die 10- bis 20-jährigen mit 0,628 nur einen 1,3 mal höheren Mittelwert als die 1- bis 6-jährigen. Die Streuung ist bei der zweiten Gruppe mit 0,178 im Vergleich mit 0,239 bei der ersten und 0,264 bei der dritten Gruppe am niedrigsten. (Tab. 7 und Abb. 9)

Auffällig sind drei Probanden im Alter zwischen 18 und 20 Jahren. Ihre relativ hohen Bleikonzentrationen im Beckenkamm lassen eine besondere, eventuell berufliche Exposition vermuten.

Gruppe	1	2	3	4
$\bar{x}$	0,260	0,490	0,628	0,428
$s_{\log}$	0,239	0,178	0,264	0,247
R	-0,161	0,519	0,165	1,003

Tab. 7 : Geom. Mittelwerte, Streuungen und Korrelationskoeffizienten der Bleikonzentrationen des Beckenkammes in den einzelnen Altersgruppen

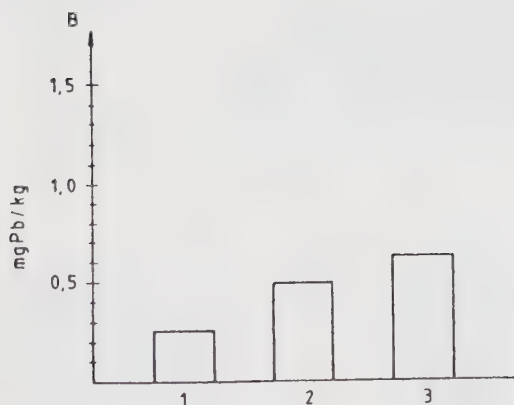
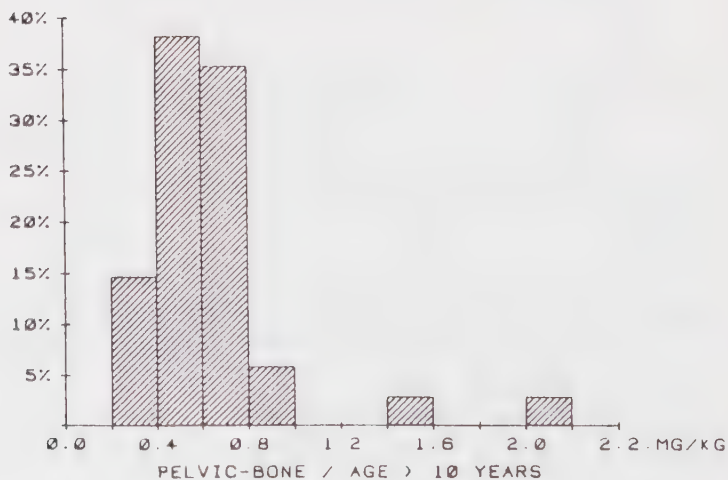
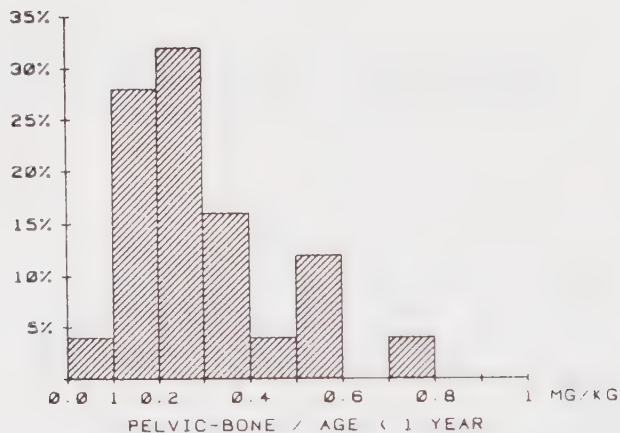


Abb. 9 : Säulendiagramm der geom. Mittelwerte der Bleikonzentrationen des Beckenkammes in den Altersgruppen 1 bis 3

In Abbildung 10 sind die Häufigkeitsverteilungen der Gruppe 1 und 3 dargestellt.

Abb. 10 : Häufigkeitsverteilung der Bleikonzentration im Beckenkamm



Femurmitte (F)

Bei Femur nimmt die Bleikonzentration mit einem Korrelationsfaktor von $R = 0,643$ mit steigendem Lebensalter zu. (Abb. 11, Tab. 8)

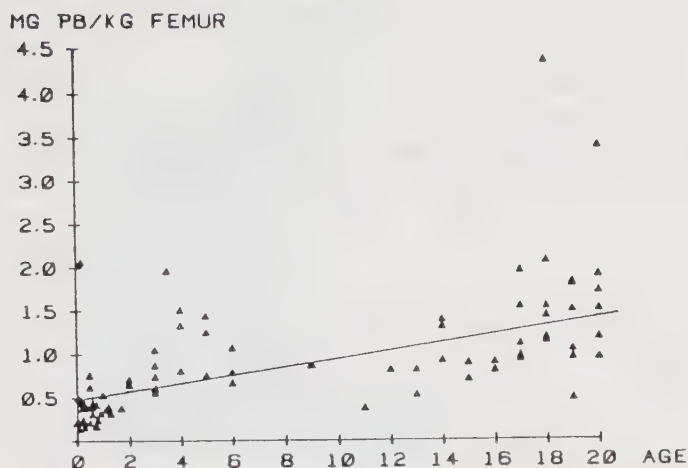


Abb. 11 : Bleikonzentrationen im Femur (mg/kg) mit Regression, Gesamtgut ($n = 82$, 0 - 20 Jahre)

Femur

Gruppe	1	2	3	4
$\bar{x}$	0,329	0,743	1,184	0,996
$s_{\log}$	0,263	0,238	0,219	0,520
R	0,030	0,690	0,436	0,643

Tab. 8 : Geom. Mittelwerte, Streuungen und Korrelationskoeffizienten der Bleikonzentration des Femur in den einzelnen Altersgruppen

Die unter 1-jährigen erreichen einen geometrischen Mittelwert von $x = 0,392$ mg Pb/kg Knochen bei einer Streuung von 0,263.

Der Mittelwert der 1- bis 6-jährigen liegt um das 2,3-fache höher ($x = 0,743$); die 10- bis 20-jährigen erreichen den Spitzenwert von 1,184 mg Pb/kg Knochen.

Der Gesamtdurchschnitt liegt aufgrund des hohen Anteils der unteren Altersgruppen bei $x = 0,694$ mg Pb/kg Knochen; mit einer relativ hohen Streuung von 0,321 verglichen mit 0,219 bis 0,263 in den einzelnen Altersgruppen. (Abb. 12)

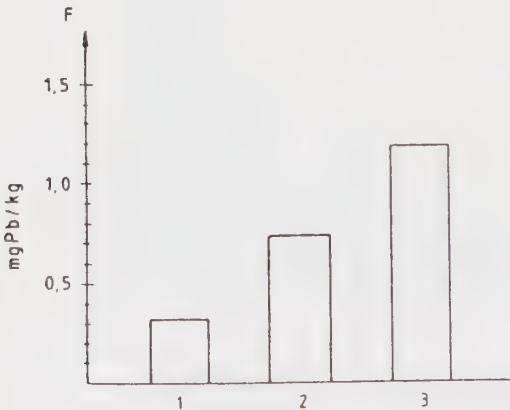
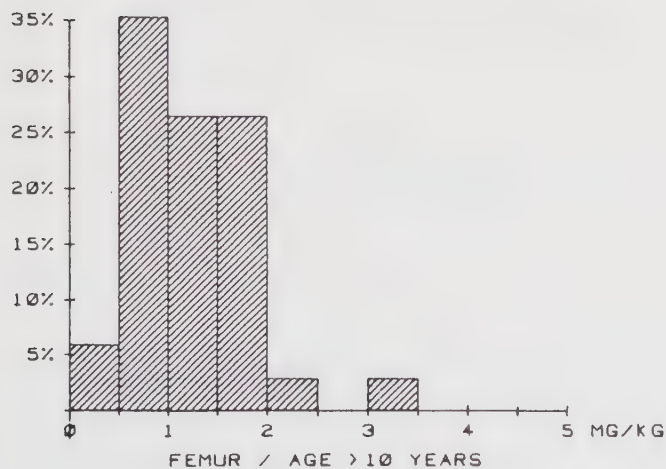
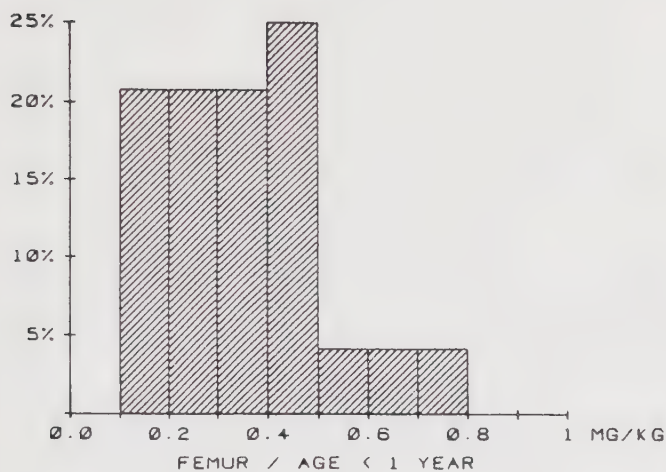


Abb. 12 : Säulendiagramm der geom. Mittelwerte der Bleikonzentration des Femur in den Altersgruppen 1 bis 3

Auffälligerweise werden ähnlich wie bei Beckenkamm in der Gruppe der 1- bis 6-jährigen Spitzenwerte von 1,5 mg Pb/kg Knochen erreicht.

Die Häufigkeitsverteilungen der ersten und dritten Gruppe sind in Abbildung 13 wiedergegeben.

Abb. 13 : Häufigkeitsverteilung der Bleikonzentration
im Femur



Zusammenfassend wird festgestellt, daß die Bleikonzentrationen in allen drei Knochen mit ansteigendem Lebensalter zunimmt.

Dies ist beim Felsenbein am ausgeprägtesten ($R = 0,775$). Die zweitstärkste Zunahme wird bei Femurmitte verzeichnet ($R = 0,643$). Die geringste Zunahme der Bleikonzentration findet sich im Beckenkamm ($R = 0,493$).

6.4.3. Abhängigkeit der Bleikonzentration vom Geschlecht

Tabelle 9 gibt eine Übersicht über die geometrischen Mittelwerte von männlichen und weiblichen Knochen. Im Folgenden werden die Knochen einzeln ausgewertet.

Alter		0 - 1 J		1 - 6 J		10 - 20 J		0 - 20 J	
Anzahl		n = 25		n = 18		n = 31		n = 81	
Geschlecht		♂ n = 9	♀ n = 16	♂ n = 9	♀ n = 9	♂ n = 15	♀ n = 16	♂ n = 39	♀ n = 42
K N	P	$\bar{x}$ 0,531	0,534	0,530	0,732	1,770	1,740	0,858	0,749
	s_{log}	0,050	0,255	0,263	0,167	0,229	0,231	0,357	0,388
O C	B	$\bar{x}$ 0,230	0,278	0,461	0,522	0,748	0,511	0,455	0,404
	s_{log}	0,242	0,240	0,209	0,149	0,320	0,138	0,272	0,222
E N	F	$\bar{x}$ 0,353	0,327	0,642	0,858	1,342	1,010	0,768	0,632
	s_{log}	0,185	0,304	0,300	0,147	0,227	0,193	0,314	0,323

Tab. 9 : Übersicht über die geom. Mittelwerte der Bleikonzentrationen der männlichen und weiblichen Knochen in den einzelnen Altersgruppen

Felsenbein

Betrachtet man das Gesamtgut so liegt der Mittelwert der männlichen Knochen ($\bar{x}$ = 0,858 mg Pb/kg) zwar deutlich höher als derjenige der weiblichen ($\bar{x}$ = 0,749 mg Pb/kg); beide unterscheiden sich jedoch nicht signifikant. (Abb. 14)



Abb. 14 : Säulendiagramm der geom. Mittelwerte der Bleikonzentration des Felsenbeines in den einzelnen Altersgruppen mit Signifikanz

In der Altersgruppe zwischen 10 und 20 Jahren sind die Mittelwerte beider Geschlechter nahezu gleich.

(m : $\bar{x} = 1,77$ mg Pb/kg; w : $\bar{x} = 1,74$ mg Pb/kg Knochen)

Bei den 1- bis 6-jährigen besitzen die weiblichen Knochen mit $\bar{x} = 0,737$ mg Pb/kg gegenüber den männlichen den höheren Durchschnittswert; sie unterscheiden sich jedoch nicht signifikant.

Männliche und weibliche Säuglinge unter einem Jahr haben praktisch gleiche Bleikonzentrationen (m : $\bar{x} = 0,331$ mg Pb/kg; w : $\bar{x} = 0,334$ mg Pb/kg Knochen); die männlichen Knochen streuen jedoch wesentlich geringer als die weiblichen. Insgesamt lässt sich beim Felsenbein kein signifikanter Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Knochen feststellen.

Beckenkamm

Aus Abbildung 15 geht hervor, daß die männlichen Beckenkammproben des Gesamtgutes eine geringfügig höhere Bleikonzentration aufweisen, sich aber nicht signifikant von den weiblichen unterscheiden; die geometrischen Mittelwerte betragen w : $\bar{x} = 0,278 \text{ mg Pb/kg}$; m : $\bar{x} = 0,230 \text{ mg Pb/kg}$.

Dagegen besitzen in der Altersgruppe der 10- bis 20-jährigen die männlichen Knochen deutlich höhere Bleikonzentrationen ($\bar{x} = 0,748 \text{ mg Pb/kg}$) als die weiblichen ($\bar{x} = 0,511 \text{ mg Pb/kg}$). Die beiden Mittelwerte unterscheiden sich signifikant. Bei den 1- bis 6-jährigen tritt wie schon beim Felsenbein festgestellt ein höherer Wert der Mädchen ($\bar{x} = 0,522 \text{ mg Pb/kg}$) gegenüber den Knaben ($\bar{x} = 0,401 \text{ mg Pb/kg}$) auf. Ähnliches, nur schwächer ausgeprägt, findet sich bei den unter einjährigen. Hier weisen die weiblichen Knochen einen Wert von $\bar{x} = 0,278 \text{ mg Pb/kg}$ auf, die männlichen $\bar{x} = 0,230 \text{ mg Pb/kg}$. Beide unterscheiden sich nicht signifikant.

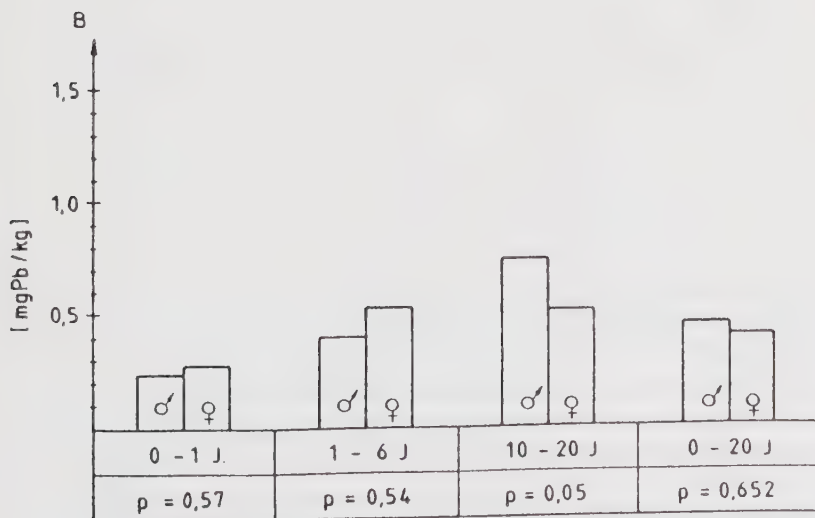


Abb. 15 : Säulendiagramm der geom. Mittelwerte der Bleikonzentration der männlichen und weiblichen Beckenkammproben mit Signifikanz

Femurmitte

Wie Abbildung 16 zeigt liegt beim Femur eine ähnliche Konstellation vor wie bei Beckenkamm und Felsenbein.

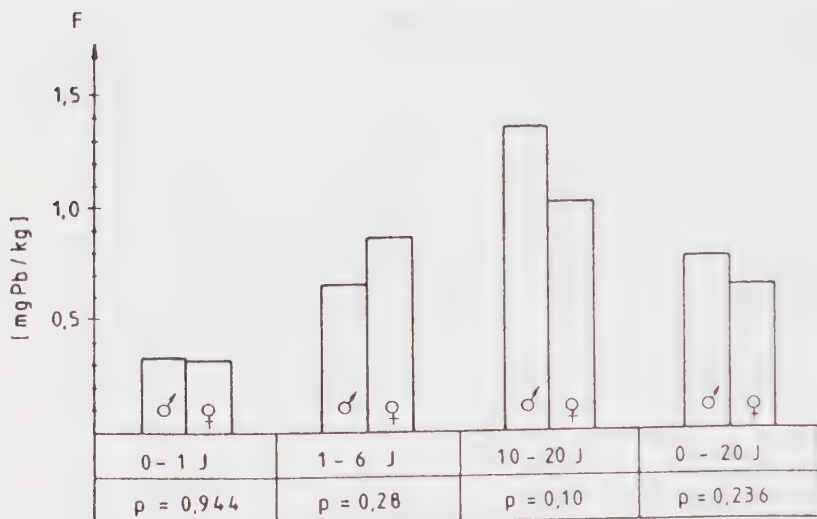


Abb. 16 : Säulendiagramm der geom. Mittelwerte der Bleikonzentration der männlichen und weiblichen Femura mit Signifikanz

Beim Gesamtgut besitzen die männlichen Probanden mit $\bar{x} = 0,768$ mg Pb/kg Knochen einen höheren Mittelwert als die weiblichen ohne sich signifikant zu unterscheiden.

Die geometrischen Mittelwerte der 10- bis 20-jährigen sind $\bar{x} = 1,34$ mg Pb/kg bei den männlichen Knochen und $\bar{x} = 1,02$ mg Pb/kg bei den weiblichen; beide unterscheiden sich nicht signifikant.

Bei den Säuglingen sind die Konzentrationen mit $\bar{x} = 0,333$ mg Pb/kg und $\bar{x} = 0,327$ mg Pb/kg praktisch gleich.

Zusammenfassend ergibt sich, daß beim Gesamtgut sowie in der obersten Altersgruppe die männlichen Knochen höhere Bleiwerte als die weiblichen aufweisen. Jedoch nur beim Beckenkamm der 10- bis 20-jährigen besitzen die männlichen Knochen signifikant höhere Bleikonzentrationen als die weiblichen.

In den beiden unteren Altersgruppen, insbesondere bei den 1- bis 6-jährigen besitzen die weiblichen Knochen höhere Konzentrationen, ohne sich signifikant von den männlichen zu unterscheiden.

Wie aus den Abbildungen 14 bis 16 deutlich hervorgeht steigen bei allen Knochen die Bleikonzentrationen mit dem Alter an, bei den weiblichen wie bei den männlichen. Die höchste Werte erreichen die Felsenbeine der männlichen Proben zwischen 10 und 20 Jahren mit $\bar{x} = 1,77 \text{ mg Pb/kg Knochen}$.

6.4.4. Abhängigkeit der Bleikonzentration vom Wohnort

Tabelle 10 gibt einen Überblick über die geometrischen Mittelwerte der Bleikonzentrationen bei Stadt- und Landbevölkerung.

Alter		0 - 1 J		1 - 6 J		10 - 20 J		0 - 20 J	
Anzahl		n = 25		n = 18		n = 34		n = 81	
Wohnort		S n = 9	L n = 16	S n = 5	L n = 13	S n = 10	L n = 24	S n = 25	L n = 56
K N O C H E N	P	$\bar{x}_g$	0,355	0,322	0,763	0,575	2,301	1,531	0,717
		s_{log}	0,233	0,199	0,22	0,225	0,173	0,231	0,352
	B	$\bar{x}_g$	0,254	0,264	0,561	0,466	0,687	0,606	0,454
		s_{log}	0,309	0,201	0,167	0,184	0,209	0,285	0,303
	F	$\bar{x}_g$	0,219	0,348	0,863	0,694	1,462	1,086	0,677
		s_{log}	0,234	0,233	0,286	0,240	0,116	0,229	0,139

Tab. 10 : Übersicht über die geom. Mittelwerte der Bleikonzentrationen der Stadt- und Landbewohner in den einzelnen Altersgruppen

Wiederum werden die Knochen einzeln untersucht.

Felsenbein

Innerhalb des Gesamtgutes besitzen die Städter mit $x = 0,93$ mg Pb/kg Knochen eine höhere Bleikonzentration als die Landbewohner $x = 0,747$ mg Pb/kg; sie unterscheiden sich jedoch nicht signifikant.

Einen noch deutlicheren Unterschied zeigt das Diagramm (Abb. 17) bei den 10- bis 20-jährigen. Die "Münchner" besitzen eine durchschnittliche Bleikonzentration von $x = 2,03$ mg Pb/kg Knochen verglichen mit $x = 1,582$ mg Pb/kg der Landbevölkerung; sie unterscheiden sich signifikant. Auch bei den 1- bis 6-jährigen zeigen die Städter mit $x = 0,769$ mg Pb/kg eine höhere Bleikonzentration als die Landbewohner mit $x = 0,575$ mg Pb/kg Knochen; der Unterschied ist jedoch nicht signifikant. Die Knochen der Säuglinge sind mit $x = 0,355$ mg Pb/kg und $x = 0,322$ mg Pb/kg Knochen annähernd gleich.

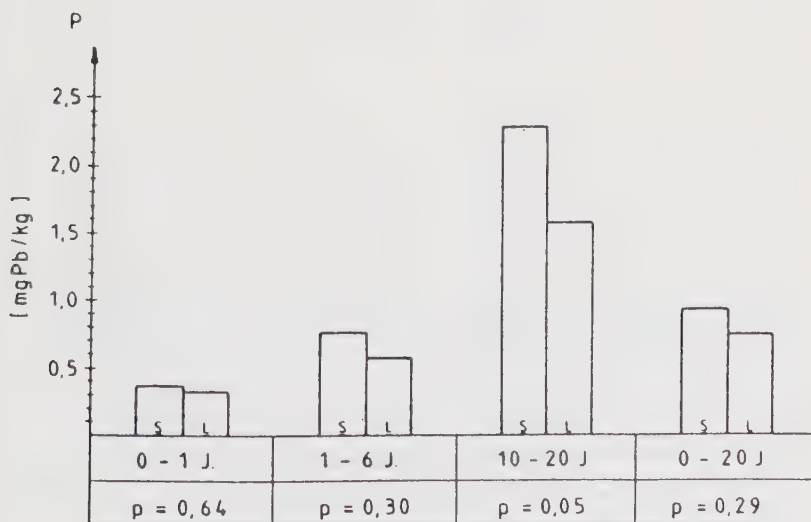


Abb. 17 : Säulendiagramm der geom. Mittelwerte der Bleikonzentrationen des Felsenbeines der Stadt- und Landbevölkerung mit Signifikanz

Beckenkamm

Wie Abbildung 18 veranschaulicht besteht beim Beckenkamm nahezu kein Unterschied zwischen Stadt- und Landbevölkerung. Die höchsten Werte werden bei den 10- bis 20-jährigen Städtern festgestellt ($\bar{x} = 0,687$ mg Pb/kg Knochen).

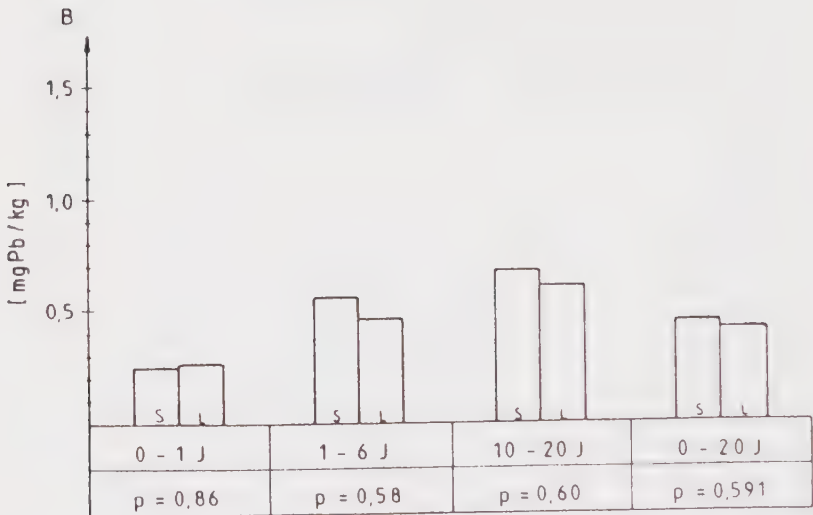


Abb. 18 : Säulendiagramm der geom. Mittelwerte der Bleikonzentrationen des Beckenkammes der Stadt- und Landbevölkerung mit Signifikanz

Femurmitte

Betrachtet man das Gesamtgut so findet man mit $\bar{x} = 0,743$ mg Pb/kg Knochen bei Stadt und $\bar{x} = 0,677$ mg Pb/kg Knochen bei Land nahezu gleich Werte. Bei den 10- bis 20-jährigen ist der Mittelwert der Städter mit $\bar{x} = 1,462$ mg Pb/kg Knochen höher als derjenige der Landbevölkerung mit $\bar{x} = 1,08$ mg Pb/kg Knochen. Es besteht aber kein signifikanter Unterschied.

Auch in der Gruppe der 1- bis 6-jährigen zeigen die Stadtkinder mit $x = 0,561$ mg Pb/kg Knochen einen höheren Mittelwert als die Landkinder mit $x = 0,466$ mg Pb/kg Knochen.

Bei den Kindern unter einem Jahr mit $x = 0,348$ mg Pb/kg Knochen für Land und $x = 0,299$ mg Pb/kg Knochen bei Stadt, liegt der höhere Mittelwert bei den Landkindern; jedoch ist der Unterschied nicht signifikant. (Abb. 19)

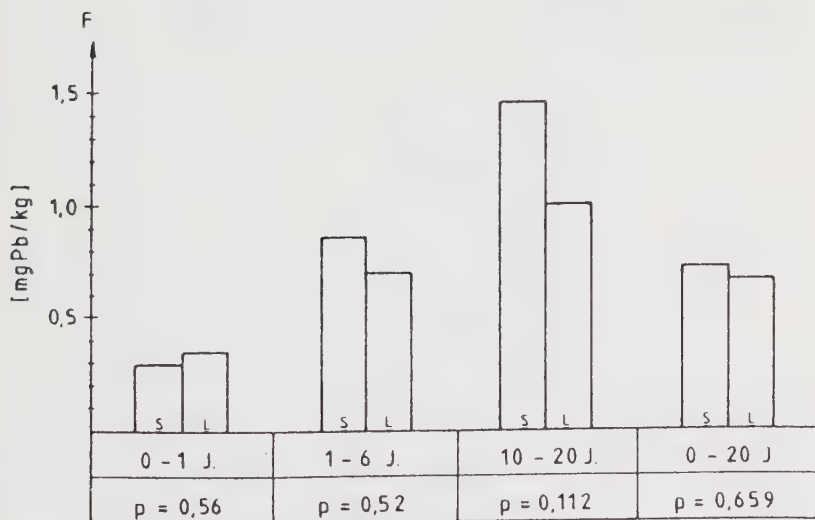


Abb. 19 : Säulendiagramm der geom. Mittelwerte der Bleikonzentrationen des Femur der Stadt- und Landbevölkerung mit Signifikanz

Somit wird deutlich, daß zwischen den Bleikonzentrationen der untersuchten Stadt- und Landpopulation ein signifikanter Unterschied nur für Felsenbein in der Gruppe der 10- bis 20-jährigen besteht; obwohl die Abbildungen 17 bis 19 für alle Knochen der Stadtbevölkerung höhere Durchschnittswerte aufweisen.

Eine Steigerung mit dem Lebensalter ist für alle Knochen sowohl bei der Stadt- als auch bei der Landbevölkerung feststellbar.

Die höchsten Durchschnittswerte überhaupt haben die 10- bis 20-jährigen Städter mit $\bar{x} = 2,03$ mg Pb/kg Knochen für Felsenbein und $\bar{x} = 1,462$ mg Pb/kg Knochen für Femurmitte (Tab. 10).

6.4.5. Zusammenhänge zwischen der Bleikonzentration und dem plötzlichen Kindstod (SIDS)

Das durchschnittliche Lebensalter der an SIDS verstorbenen Kinder betrug 0,37 Jahre; das der Kontrollgruppe (NONSIDS) 0,48 Jahre.

Tabelle 11 gibt eine Übersicht über die Werte der beiden Gruppen. Statistisch ausgewertet wurden in beiden Gruppen nur Säuglinge bis zu einem Jahr.

Gruppe		S I D S		N O N S I D S	
Anzahl		n= 15		n= 10	
		$\bar{x}_g$	s	$\bar{x}_g$	s
K N O C H E N	P	0,467	0,263	0,490	0,087
	B	0,555	0,234	0,628	0,252
	F	0,534	0,209	0,403	0,325
		ϕ Alter 0,37		ϕ Alter 0,48	

Tab. 11 : Übersicht über die geom. Mittelwerte der Bleikonzentrationen in der SIDS und der NON-SIDS-Gruppe (s = Standardabweichung)

Im Folgenden werden die einzelnen Knochen gesondert betrachtet.

Felsenbein

Die Häufigkeitsverteilung zeigt, daß die Höchstwerte von 0,5 mg Pb/kg bis 0,9 mg Pb/kg Knochen nur von SIDS-Kindern erreicht werden; ebenso jedoch die niedrigen Werte unter 0,2 mg Pb/kg Knochen. Abbildung 20 verdeutlicht dies.

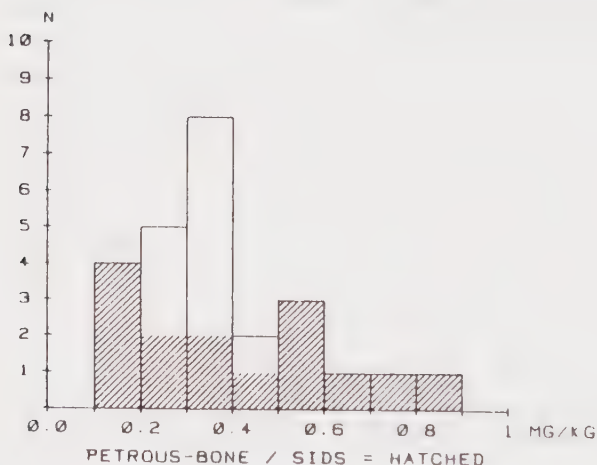


Abb. 20 : Häufigkeitsverteilung der Bleikonzentrationen des Felsenbeines in der SIDS- und NON-SIDS-Gruppe

Während bei NON-SIDS-Fällen die Bleikonzentrationen mit einer geringen Streuung von 0,087 bei $\bar{x} = 0,490$ mg Pb/kg Knochen liegen, und auch mit dem Lebensalter keine Steigerung erkennen lassen, sind die Werte der SIDS-Gruppe sehr inhomogen; sie streuen weit zwischen einem Minimum bei 0,18 mg Pb/kg und einem Maximum bei 0,9 mg Pb/kg Knochen. Ihr Mittelwert ist mit $\bar{x} = 0,467$ mg Pb/kg geringgradig niedriger als derjenige der Kontrollgruppe. (Abb. 21 und 22)

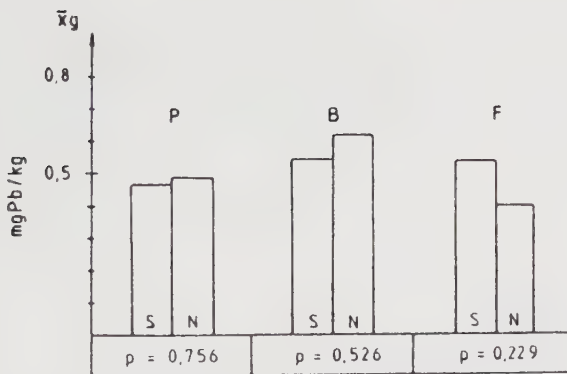


Abb. 21 : Säulendiagramm der geom. Mittelwerte der Bleikonzentrationen in der SIDS- (S) und NON-SIDS- (N) Gruppe

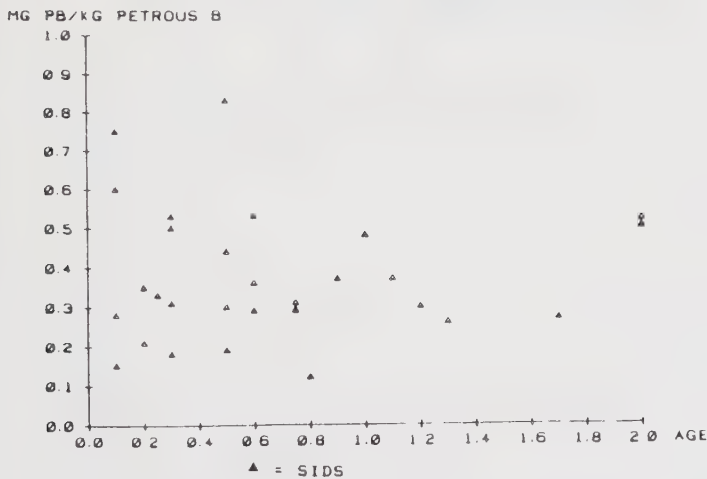


Abb. 22 : Übersicht über die Bleikonzentrationen des Felsenbeines von SIDS (▲) und NON-SIDS-Kindern (△)

Beckenkamm

Die Abbildungen 23 und 24 geben die Häufigkeitsverteilungen und eine Übersicht der Werte von SIDS und NON-SIDS-Kindern. Es erscheinen beide Gruppen sehr inhomogen.

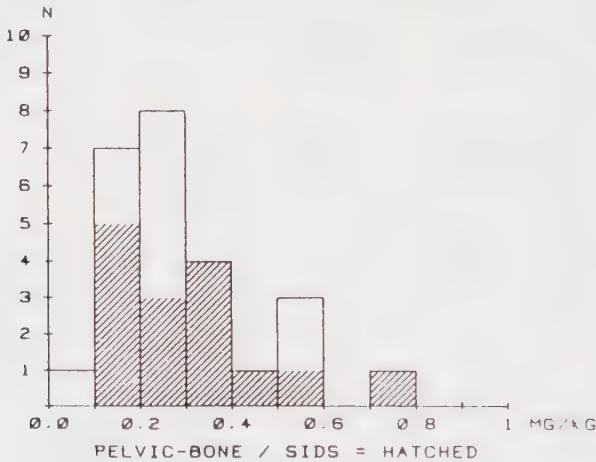


Abb. 23 : Häufigkeitsverteilung der Bleikonzentrationen des Beckenkammes in der SIDS- und NON-SIDS-Gruppe

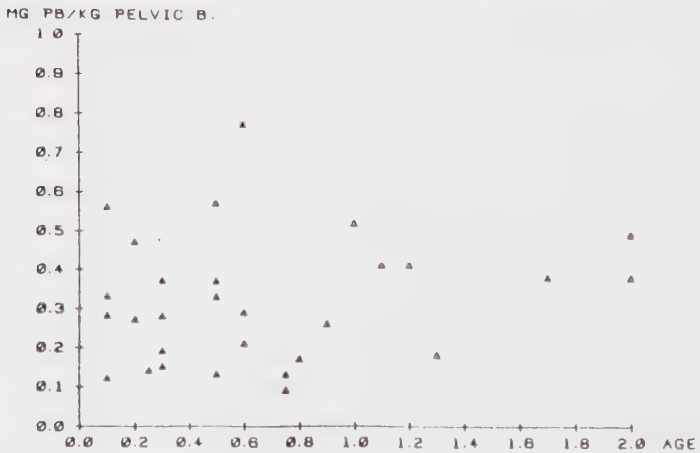


Abb. 24 : Übersicht über die Bleikonzentrationen des Beckenkammes von SIDS- ($\blacktriangle$) und NON-SIDS-Kindern ($\triangle$)

Die durchschnittliche Bleikonzentration der SIDS-Fälle liegt bei $\bar{x} = 0,555$ mg Pb/kg Knochen, die der Kontrollgruppe beträgt $\bar{x} = 0,628$ mg Pb/kg Knochen. Die Streuung ist bei der NON-SIDS-Gruppe geringgradig höher. (Tab. 11)
Beide Gruppen unterscheiden sich nicht signifikant. (Abb. 21)
Auffallend hohe Werte erreichen SIDS-Kinder schon wenige Wochen nach der Geburt. (Abb. 24)

Femurmitte

Der geometrische Mittelwert liegt mit $\bar{x} = 0,534$ mg Pb/kg Knochen für NON-SIDS- höher als für die SIDS-Fälle ($\bar{x} = 0,403$ mg Pb/kg Knochen). Beide Werte unterscheiden sich nicht signifikant. (Abb. 21)
Die Werte für beide Gruppen sind weit gestreut. (Abb. 25 und 26)

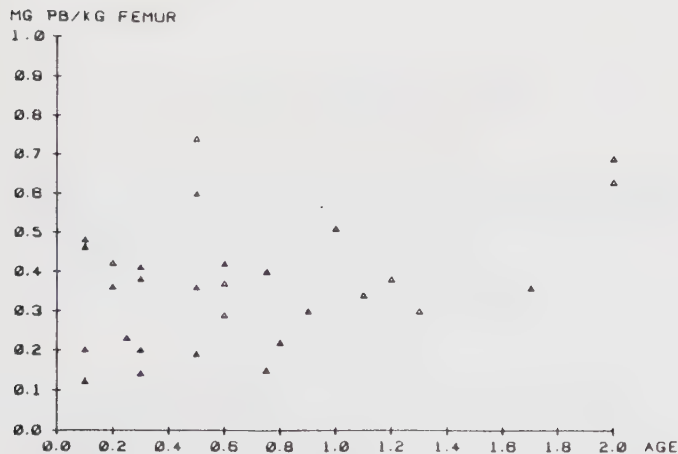


Abb. 25 : Übersicht über die Bleikonzentrationen des Femur von SIDS- (▲) und NON-SIDS-Kindern (△)

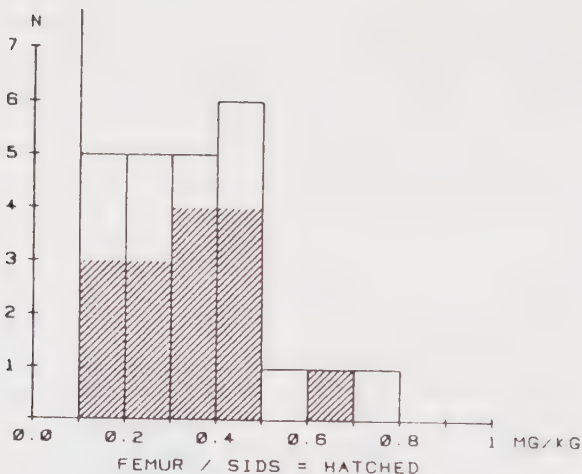


Abb. 26 : Häufigkeitsverteilung der Bleikonzentrationen des Femur in der SIDS- und NON-SIDS-Gruppe

Bei keinem der drei Knochen unterschieden sich die Mittelwerte von SIDS und NONSIDS signifikant.

Die Verteilungen der Einzelwerte von Femurmitte und Beckenkamm waren ähnlich.

Bei Felsebein zeichnet sich ein interessanter Trend ab. Während alle Werte für die NONSIDS-Babies in dem Bereich zwischen 0,20 bis 0,50 mg Blei/kg Knochen liegen, befinden sich hier nur fünf SIDS-Kinder; vier zeigen niedrigere ($< 0,20$ mg/kg) und sechs höhere ($> 0,50$ mg/kg) Bleikonzentrationen.

Nach dem F-Test (Sachs, 1984) sind diese Verteilungsunterschiede statistisch signifikant ($p=0,05$). Jedoch läßt sich auf Grund der ermittelten Werte kein direkter Zusammenhang zwischen Knochenbleikonzentration und plötzlichem Kindstod herstellen.

6.4.6. Berechnung der Gesamtkörperbelastung

Nach Untersuchungen von Barry befinden sich bei Kindern unter einem Jahr 57 %, bei Kindern von 2 bis 9 Jahren ebenso wie bei 13- bis 16-jährigen 73 %, des im Körper gespeicherten Bleies im Skelettsystem.

Dichte Knochen und blutbildende Knochen haben etwa den gleichen Gewichtsanteil am Skelett; jeweils 50 %.

An der Gesamtmasse des Körpers beträgt der Anteil des Skelettes ca. 10 % (Greandjean).

Basierend auf diesen Untersuchungen wurde mit Hilfe nachstehender Formeln eine "Skelettbelastung" und eine Gesamtkörperbelastung für die untersuchten Altersgruppen errechnet.

$$\text{Skelettbelastung} = \frac{(\text{Pbkonz. F} + \text{Pbkonz. B}) \times \text{Körpergew.}}{20} \quad \text{mg Pb}$$

$$\text{Gesamtkörperbelastung} = \frac{\text{Skelettbelastung} \times 100}{57 \text{ bzw. } 73} \quad \text{mg Pb}$$

Wobei Femur die kompakten und Beckenkamm die spongiosen Knochen repräsentieren.

Tabelle 12 gibt die errechneten Werte wieder.

Gruppe	Ø Gewicht kg	Skelettbel. mg	Gesamtbelastung mg	Gesamtbelastung berechnet auf Standardgewicht mg
0 - 1 J.	6,16	0,181	0,317	3,60
0 - 6 J.	14,80	0,912	1,240	5,91
10 - 20 J.	57,50	5,200	12,7	8,663

Tab. 12 : Übersicht über die Gesamtbelastung und Skelettbelastung der einzelnen Altersgruppen mit Umrechnung der Gesamtbelastung auf ein Standardkörpergewicht von 70 kg

Hieraus kann abgeleitet werden, daß die im Skelett gespeicherte Bleimenge bei der Gruppe der 1- bis 6-jährigen mit 0,912 mg Pb um den Faktor 5 höher ist als bei den unter einjährigen (0,181 mg Pb).

Die 10- bis 20-jährigen (5,2 mg Pb) haben 5,7 mal mehr Blei gespeichert als die 1- bis 6-jährigen. (Abb. 27)

Um alle Gruppen direkt vergleichen zu können wurde die Gesamtkörperbelastung auf ein Standardkörpergewicht von 70 kg umgerechnet. Danach sind die 10- bis 20-jährigen am stärksten belastet (8,663 mg Pb); die 1- bis 6-jährigen weisen 5,907 mg Pb auf. Den niedrigsten Wert haben die Säuglinge mit 3,6 mg Pb. (Abb. 28, Tab. 12)

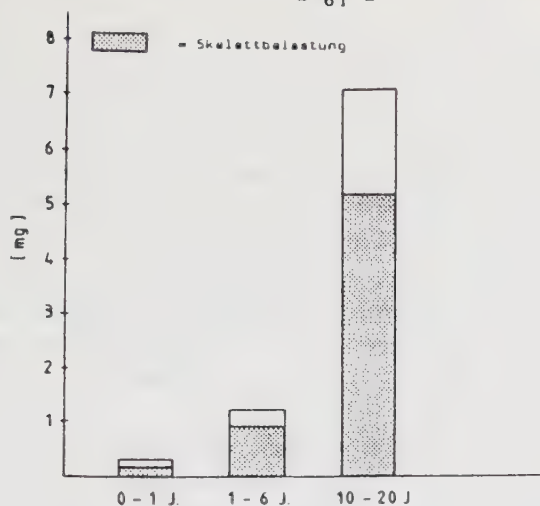


Abb. 27 : Säulendiagramm der Gesamtkörper- und Skelettbelastung in den einzelnen Altersgruppen

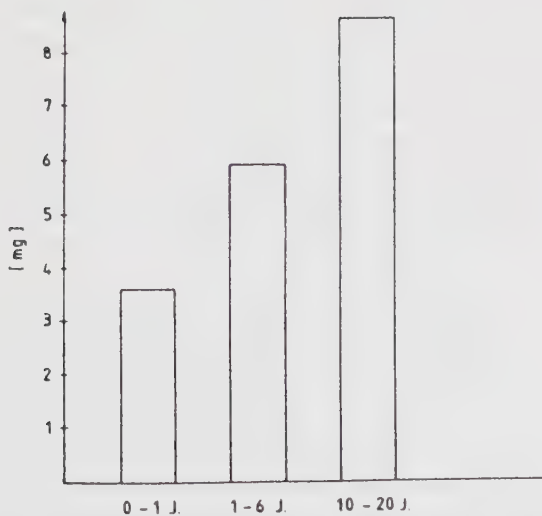


Abb. 28 : Gesamtkörperbelastung umgerechnet auf ein Standardkörpergewicht (70 kg)

7. Diskussion

Um die Bleibelastung bei Kindern und Jugendlichen in München und dem umgebenden südbayerischen Raum differenziert dokumentieren zu können wurde das Gesamtgut in drei verschiedene Altersgruppen aufgeteilt.

Es zeigte sich, daß die untersuchten Knochen Felsenbein, Beckenkamm und Femur bezüglich ihres Bleigehaltes und der Bleiakкумуляtion in den einzelnen Altersstufen deutliche Unterschiede aufweisen. Es wurde beim Gesamtgut die höchste Bleikonzentration im Felsenbein festgestellt. Die deckt sich mit den Ergebnissen anderer Autoren (Barry, 1975; Greandjean, 1975; Fischer und Weigert, 1979).

Es wird angenommen, daß Felsenbein, ein entwicklungsgeschichtlich sich aus dem Chondrocranium (Rohen, 1977) also aus präformiertem Knorpel entstehender, später sehr kompakter Knochen, wegen seines niedrigen Kalziumturnovers (Greandjean, 1975) während des Lebens Blei akkumuliert ohne es in nennenswertem Umfang wieder freizusetzen. Das Felsenbein gilt daher als Langzeitindikator. So konnte auch in der vorliegenden Untersuchung eine beständige Zunahme in den einzelnen Altersgruppen und in der Regressionsrechnung nachgewiesen werden.

Als weiterer Knochen mit einer dicken Kompakta wurde Femurmitte untersucht. Femur zeigte beim Gesamtgut eine ähnlich hohe Bleianreicherung wie Felsenbein.

Im Vergleich hierzu ist der untersuchte Beckenkamm ein sehr spongioser, reich vaskularisierter Knochen mit einer nur dünnen Kortikalis. Aufgrund der guten Durchblutung kann auf eine höhere Turnoverrate geschlossen werden; auch der Detoxifizierungsmechanismus (Ganong), das heißt die schnelle Absenkung des Plasmaspiegels durch Aufnahme von Blei in den

Knochen, sowie die Freisetzung von Blei durch kalzium-mobilisierende Prozesse, legen es nahe den Beckenkamm der schnell austauschbaren Knochenfraktion (Tsuchiya, 1979) zuzurechnen.

Beckenkamm erreichte von den drei untersuchten Knochen die niedrigste Bleikonzentration. Es werden dadurch die Ergebnisse von Drasch (1983), Barry (1975) und Greandjean (1975) bestätigt, die einen deutlichen Konzentrationsunterschied zwischen kompakten und spongiösen Knochen feststellten.

Deutliche Abweichungen von den beim Gesamtgut beschriebenen Ergebnissen zeigen sich bei den einzelnen Altersgruppen. Die Gruppe der Säuglinge unter einem Jahr lassen kaum Konzentrationsunterschiede zwischen den einzelnen Knochen erkennen. Der spongiöse Beckenkamm und der kompakte Femur haben praktisch gleiche Bleikonzentrationen. Jedoch dominiert auch hier schon das Felsenbein mit der höchsten Bleikonzentration. Eine Erklärung für das uniforme Bild der Bleikonzentration in diesem Alter wäre die sehr kurze Expositionszeit. Auch muß bedacht werden, daß die Knochen in diesem Alter von sehr zarter Struktur sind und eine im Vergleich zum Erwachsenen sehr geringe Dicke aufweisen. So ist die Cortikalis des Femur nur wenige Millimeter dick und von einem dicken Perlostschlauch, der gut durchblutet ist, umgeben. Auch das Felsenbein ist in diesem Alter noch von sehr zarter Beschaffenheit. Diese "geringe Ausdifferenzierung" und der hohe Calciumturnover (100 % nach Ganong, 1979) der Knochengewebe sind wahrscheinlich neben der kurzen Expositionszeit ursächlich für die geringen Unterschiede bei den Bleikonzentrationen. Die Kleinkinder und Vorschulkinder im Alter von einem bis zu sechs Jahren bieten ein differenzierteres Bild. Kompakte Knochen haben schon eine deutlich höhere Bleikonzentration als der Beckenkamm, ohne sich jedoch signifikant zu

unterscheiden. Auffällig ist, daß in dieser Gruppe Femur die höchste Bleikonzentration erreicht. In der Gruppe der 10- bis 20-jährigen unterscheiden sich sowohl kompakte und spongiose Knochen voneinander; es besteht auch ein signifikanter Unterschied zwischen den kompakten Knochen Felsenbein und Femur.

Die Bleikonzentration im Felsenbein ist in dieser Gruppe beinahe dreimal so hoch wie im Beckenkamm. Dies stimmt gut mit Greanjan (1975) überein, der angibt, daß femurähnliche Knochen einen doppelt so hohen Gehalt an Blei aufweisen als wirbelähnliche. So können sie gefundenen Werte als Beweis für die stärkere Akkumulation des Bleis im Felsenbein gewertet werden. Es erscheint berechtigt, das Felsenbein als Langzeitindikator für kumulative Bleibelastung zu betrachten.

Es steigt jedoch auch die Konzentration im Beckenkamm vom Alter unter einem Jahr bis zur Gruppe der 10- bis 20-jährigen um den Faktor 5,3 an. Dies kann entweder auf einer gewissen Bleiakkumulation auch im Beckenkamm beruhen, oder aber die verstärkte Bleiexposition in diesem Alter wiedergeben; eine Kombination von beidem erscheint wahrscheinlich, denn sowohl die Regressionsrechnung wie auch die Saulendiagramme zeigen eine beständige Zunahme der Bleikonzentration mit dem Alter bei allen drei Knochenarten.

Eine Zunahme der Bleikonzentration in den Knochen mit dem Alter wird in der Literatur von Drasch (1983), Kreglinger (1974), Barry (1975), und Greandjean (1975) beschrieben. Barry (1975) fand bei Männern eine deutlichere Akkumulation als bei Frauen. Wobei nach seinen Angaben Kinder eine deutlich geringere Konzentration als Erwachsene aufweisen. Es soll das unreife Skelett weniger Blei absorbieren und zurückhalten können. Der Grund dafür dürfte bei einem kindlichen Kalziumturnover von nahe 100 % im Vergleich zu

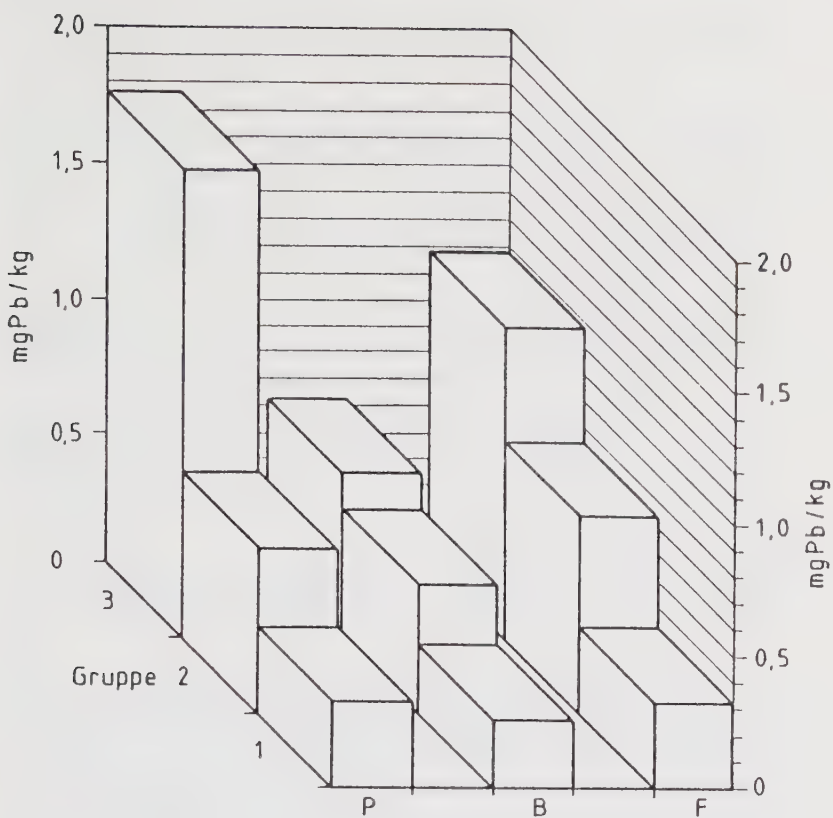


Abb. 28 : Dreidimensionale Darstellung der geom. Mittelwerte
in Felsenbein (P), Beckenkamm (B), und Femur (F)
in den Altersgruppen 1 bis 3

18 % des Erwachsenen (Ganong, 1979) und einer im Verhältnis zu Erwachsenen sehr kurzen Expositionszeit zu suchen sein.

Interessant erscheint ein Vergleich der Felsenbeinwerte mit den Bleikonzentrationswerten in Milchzähnen. Auch diese sollen nach Literaturangaben ein Langzeitindikator für Blei sein (Ewers, 1979; Kollmaler, 1984) und nach Strelow und Kneipp (1969) sogar eine höhere Bleikonzentration als Knochen aufweisen.

Kollmaler (1984) gibt eine Milchzahnwert von $2,25 \mu\text{g Pb/g}$ an Ewers (1979) von $4,35 \mu\text{g Pb/g}$. Diese Werte liegen um den Faktor 1,2 bzw. 2,5 höher als die Felsenbeinwerte der 10- bis 20-jährigen; wobei Milchzähne physiologischerweise im Alter zwischen sechs und zwölf Jahren zur Verfügung stehen also eine deutlich kürzere Expositionszeit aufweisen als die untersuchten Felsenbeinproben.

Es muß jedoch betont werden, daß es sich hier um den Vergleich zweier unterschiedlich exponierter Gruppen handelt, dessen Aussagewert sehr eingeschränkt ist.

Im weiteren wurde untersucht ob sich Stadt- und Landkinder bezüglich der Bleikonzentration in ihren Knochen unterscheiden. Nur bei der wahrscheinlich am stärksten exponierten Gruppe, den 10- bis 20-jährigen konnte ein annähernd signifikanter Unterschied beim Felsenbein festgestellt werden. Jedoch zeigt das Säulendiagramm eine beständig höhere Konzentration der Stadtkinder. Der Unterschied ist bei den unter einjährigen noch gering, wird bei den ein- bis sechsjährigen schon deutlicher und ist bei den 10- bis 20-jährigen am ausgeprägtesten.

Femur und auch Beckenkamm verhalten sich ähnlich, wenn auch mit geringerer Ausprägung. Es liegt somit trotz fehlender signifikanter Unterscheidung eine stärkere Exposition der Stadtkinder nahe. Als Ursache gelten sowohl die höhere Konzentration von Bleiverbindungen in der Luft als auch in

Straßen- und Hausstaub (Mielke, 1984), ebenso wie eventuell in Altbauten noch vorhandene Bleiwasserrohre, wobei die pulmonale Aufnahme als dominierend angesehen wird (Drasch, 1983). Es muß beim Vergleich dieser beiden Gruppen jedoch berücksichtigt werden, daß die Landkinder keine einheitliche Population darstellen. Vielmehr wurden alle Individuen zur Landgruppe gezählt die ihren Wohnsitz nicht in München sonder im umgebenden Südbayern hatten, also durchaus in kleineren oder größeren Städten gelebt haben könnten. Ferner muß insbesondere bei den 10- bis 20-jährigen davon ausgegangen werden, daß ein Teil seinen Schul-, Ausbildungs- oder Arbeitsplatz in München hatte, also zwischen Stadt und Land "pendelte".

Auch in Milchzähnen wurde von Ewers (1979) ein Bleikonzentrationsunterschied bei Stadt- und Landkindern gefunden.

Als nächstes wurde untersucht, ob es zwischen Mädchen und Jungen im Hinblick auf das Knochenblei einen Unterschied gibt.

Nach Barry (1975) verhalten sich die Konzentrationen bei Männern und Frauen wie 1,3 zu 1. Drasch (1983) hingegen stellte keinen Unterschied fest. Auch die Untersuchungen an Milchzähnen von Ewers (1979) brachten keinen Geschlechtsunterschied zutage.

Die eigenen Ergebnisse zeigen in der Gruppe der 10- bis 20-jährigen durchweg höhere Mittelwerte der männlichen Proben; ein signifikanter Unterschied besteht nur bei Beckenkamm.

Überraschenderweise haben in der Gruppe der ein- bis sechsjährigen die Mädchen bei allen untersuchten Knochen höhere Mittelwerte. Ein signifikanter Unterschied besteht jedoch nicht. Trotzdem wäre es interessant zu erurieren, ob

dieser höhere Mittelwert eventuell durch andere Verhaltens- oder Spielgewohnheiten bedingt ist; aus der Literatur ist bekannt, daß gerade die ein- bis sechsjährigen als besonders gefährdet angesehen werden, da sie sich bei Spielen sehr viel am Boden aufhalten und mit Vorliebe alle möglichen Dinge in den Mund stecken, häufig auch an den Fingern lutschen und gerade der anhaftende Staub mit Blei stark kontaminiert sein kann (Mielke, 1984).

Nachdem M. Erickson (1983) bei an plötzlichem Kindstod (SIDS) verstorbenen Kindern höhere Bleikonzentrationen in Rippe und Leber gefunden hat, wurden auch in der vorliegenden Arbeit die Knochen von am "plötzlichen Kindstod" verstorbenen Kindern mit einer Kontrollgruppe verglichen. Die Mittelwerte beider Gruppen unterschieden sich jedoch nicht signifikant.

Interessanterweise zeigten die gefundenen Knochenbleikonzentrationen eine ähnlich hohe Streuung wie sie auch von Erickson für Rippe angegeben werden.

Ob SIDS im Zusammenhang mit der Bleikonzentration in Knochen steht kann mit den vorliegenden Werten nicht beurteilt werden. Greandjean (1975) gibt eine Korrelation der Kindersterblichkeit mit der Härte des Trinkwassers an; wobei bekannt ist, daß weiches Wasser mehr Blei aus Wasserrohren löst als hartes.

Interessant wäre ein Vergleich der Bleibelastung der Münchner und südbayerischen Kinder mit der in anderen Regionen. Leider stehen aus den achtziger Jahren über Knochenbleikonzentrationen wenig Vergleichszahlen zur Verfügung.

M. Erickson (1983) gibt bei Kindern unter einem Jahr 1,672 mg Pb/kg (SIDS) und 1,047 mg Pb/kg (NON-SIDS) für Rippe an. Diese Werte können unter Vorbehalt mit den vorliegenden

Werten für Beckenkamm verglichen werden, da es sich bei beiden um sehr spongiöse Knochen handelt und nach eigenen Ergebnissen die Knochengewebe sich in diesem Alter sehr wenig unterscheiden. Nachdem die Werte Ericksons um das vierfache höher sind kann geschlossen werden, daß die südbayerische und Münchner Region im Vergleich zu der amerikanischen Region St. Louis weniger mit Blei belastet ist.

Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß sich die von Erickson angegebenen Werte auf das Trockengewicht beziehen, der Wassergehalt der Knochen bei Kindern dieses Alters zwischen 20 und 40 % liegt und die eigenen Werte auf dem Naßgewicht basieren.

Aus der Bundesrepublik liegen zur Zeit nur Werte von Milchzähnen vor, die mit dem eigenen Untersuchungsgut nur bedingt vergleichbar sind. So geben Ewers (1979) und Kollmaier (1984) Werte zwischen 2,25 und 4,35 mg Pb/kg Zahnschmelz an, die deutlich über den eigenen Felsenbeinwerten liegen.

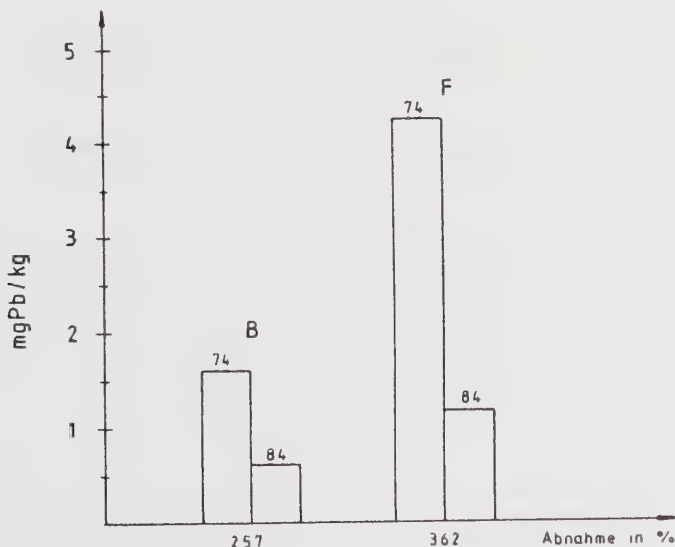


Abb. 30: Vergleich der Knochenbleikonzentrationen von 1974 und 1984 in Beckenkamm und Femur

Um festzustellen ob im Münchner und südbayerischen Raum sich die Umweltbelastung durch Blei in den letzten 10 Jahren verändert hat, bietet sich ein Vergleich mit den Werten von R. Kreglinger an, die 1974 ebenfalls am Institut für Rechtsmedizin ermittelt wurden. Die damals ermittelten Bleikonzentrationen liegen in der Altersgruppe zwischen 10 und 20 Jahren bei Femurmitte um den Faktor 3,62 und bei Beckenkamm um den Faktor 2,57 höher als die eigenen. Abbildung 30 zeigt eine deutliche Abnahme der durchschnittlichen Bleikonzentration in den einzelnen Knochen. Es kann daraus geschlossen werden, daß die Umweltbelastung durch Blei in den letzten 10 Jahren deutlich zurück gegangen ist.

Autor [Jahr]	Ort	n	Alter [Jahre]	mgPb/kg Gewebe	untersuchtes Gewebe	Skelettbelastung mg
R. Kreg- linner 1974	München u. Südbayern	6	13-20	4,28 1,62 Nassgew.	Femurmitte Beckenkamm	
P.S.I. Barry 1975	Gross- britannien	8	1	0,91 1,09	Tibia Rippe	5,60
		10	2-9	4,73 3,76 3,01	Felsenbein Tibia Rippe	
		5	10-16	7,95 2,73 2,18 Nassgew.	Felsenbein Tibia Rippe	5,16
Fischer u. Weigert 1976	München u. Umgebung	7	11-20	0,344 0,223 Frischgew.	Felsenbein Wirbel	
M. Erick- son 1983	St. Louis USA	57	4-16 Wochen	1,672 1,047 Trocken- gew.	Rippe	SIDS NON-SIDS
U. Ewers 1979	Duisburg Gummersb.	690 45	5-12	4,53 1,74 Trocken- gew.	Milchschneide- zähne	
U. Kollmaier 1980/81	Scharnhorst	22		0,25 Trockengew.	Eilchzähne	
Grandjean 1972	Kopenhagen	18	0-74	0,8 Aschergew.	Wirbel	

Tab. 13 : Vergleichszahlen über die Bleibelastung aus den Jahren 1972 bis 1983

8. Zusammenfassung

Am Institut für Rechtsmedizin der Universität München wurden im Jahr 1984 von insgesamt 82 Individuen Knochenproben asserviert. 42 Probanden waren weiblich, 40 waren männlichen Geschlechts. 25 hatten ihren letzten Wohnsitz in München, 57 waren im umgebenden südbayerischen Raum zuletzt ansässig. Die Altersverteilung war von 0,05 bis 20 Jahren. Es wurden die vorwiegend kompaktahaltigen Knochen Felsenbein und Femurmitte, sowie der vorwiegend spongiose Beckenkamm entnommen und mittels flammenloser Atomabsorptionsspektrometrie auf ihren Bleigehalt untersucht. Es ergaben sich folgende Befunde :

Die Bleikonzentration steigt mit zunehmendem Alter bei allen Knochen an. Die höchsten mittleren Bleikonzentrationen werden im Felsenbein gefunden, die zweithöchsten im Femur. Der Beckenkamm enthält die geringsten Konzentrationen an Blei.

Die Konzentrationsunterschiede zwischen den einzelnen Knochen sind im Säuglings- und Kleinkindesalter sehr gering und werden mit zunehmendem Lebensalter größer.

Die Knochen der männlichen und der weiblichen Individuen unterscheiden sich nur im Beckenkamm der 10- bis 20-jährigen signifikant bezüglich ihres Bleigehaltes.

Die Bleikonzentration der Stadtbevölkerung lag durchweg über der der Landbevölkerung, ohne sich signifikant zu unterscheiden.

Die an "SIDS" verstorbenen Säuglinge unterschieden sich nicht signifikant von den übrigen.

Die errechnete "Skelettbelastung" an Blei reichte von 0,181 mg für Säuglinge, 0,912 mg für Kleinkinder bis 5,2 mg für Jugendliche.

9. Literaturverzeichnis

Alexander, F.W., Delves, H.T., Clayton, B.E.

The uptake and excretion by children of lead and other contaminants.

Read before the International Symposium of Environmental Health Aspects of Lead, Amsterdam, Oct 2-6, 1972

Alt, F. und Massmann, H.

Bestimmung von Blei im Blut mittels

Atomabsorptionsspektrometrie

Spektrochemica Acta Vol 338, pp 337-342, 1978

Averill, D.A. u. Needleman, H.L.

Neonatal lead exposure retards cortical synaptogenesis in the rat

The Clinical Implications of Current Research

Raven Press, 201-210, New York, 1980

Barltrop, D.

Transfer of lead to the human fetus,

In Baltrop, D. and Burland, W.L.

Mineral metabolism in Pediatrics, 135, Philadelphia, 1969

Barry, P.S.I.

A comparison of concentrations of lead in the human tissues

Brit. J. of Ind. Med., 1975

Beattie, A.D., Moore, M.R., Goldberg, A., Finlayson, M.J.,

Graham, J.F., Mackie, E.M., McLaren, D.A.

Role of chronic low-level lead exposure in the aetiology of mental retardation

Lancet I, 589-592, 1975

Bryce-Smith, D.

Behavioural Effects of lead and other Heavy Metal
Pollutants.

Chemistry Brit. 8, 240-243, 1972

Buchet, J.P., Lauwerys, R., Roels, H., Hubermont, G.

Mobilisation of lead during pregnancy in rats

Int. arch. occup. Environ. Health, 1967

Bull, R.J., Lutkenhoff, S.D., G.E. McCarty & R.G. Miller

Delay in the postnatal increase of cerebral cytochrome
concentration in lead exposed rats

Neuropharmacol. 18, 1979

Barltrop, D., Strehlow, c.d., Thornton, I., Webb, J.S.

Significance of high soil lead concentration for childhood
lead burdens

Environmental Health Perspectives, Experimental Issue No. 7,
75-82, 1974

Carter, R.B., Leander, J.D.

Chronic low-level lead exposure:

Effects of schedule-controlled responding revealed by drug
challenge

Neurobehav. Toxicol. 2, 345-353, 1980

Claro, A.R.L

Placental Transfer of Lead and its Effects on The Newborn
Postgrad. Med. J., 53.674 (1976)

Desilva, P.E.

Determinations of lead in plasma and studies on its
relationship to lead in erythrocytes

Br. Ind. Med. 38, 203-217, 1981

Drasch, G.

Die antropogene Blei- und Cadmiumbelastung des Menschen
- Untersuchungen an Skelett und Organmaterial -
Habilitationsschrift, München 1983

Erickson, M.,

Tissue Mineral Levels in Victims of Sudden Infant Death
Syndrome

I. Toxic Metals- Lead Cadmium

Pediatric Research, 1983

Ewers, U., Brockhaus, A., Genter, E., Idel, H., Schürmann, E.A.,

Untersuchungen über den Zahnbleigehalt von Schulkindern aus
zwei unterschiedlich belasteten Gebieten in
Nordwestdeutschland

Int. arch. occup. Environ. Health 44, 65-80, 1979

Fischer, H., Welgert, P.

Schwermetalle in menschlichen Geweben

Wissenschaft und Umwelt, 2/1979

Ganong

Lehrbuch der medizinischen Physiologie

Springer 1979

Greandjean, P.

Lead in Danes

Institute of Hygiene, University of Copenhagen, Denmark, 1975

Haas, T., Schaller, K., Valentin, H.

Gefährdung der Umwelt durch Blei und seine Verbindungen

Dtsch. Ärzteblatt 26, 1803, 1972

Hammond, P.B.

Metabolism of Lead (in "Leadabsorption in Children",
J.J. Chisolm and D.M. O'Hara, Eds), 11-12
Urban und Schwarzenberg, Baltimore, 1982

Hine, C., Cavalli, R.D., Beltran, S.N.:

Percutaneous absorption of lead from industrial lubricants
J. Occup. Med. 11, 1969

Immich

Medizinische Statistik

Schattauer Verlag Stuttgart New York

Jecklin

Arch. Gewerbepath 14, 626- R.A, 1956

Kempf, T. & Aurand, K.

Uptake of lead with drinking water
Proceedings, International Symposium on Environmental Health
Aspects of Lead, Amsterdam, 1972

Kollmeier, H., Seemann, J., Wittig, P., Tiele, H., Schach, S.,
Altersabhängige Kummulation von Blei in den Zähnen

Klinische Wochenschrift 62, 1984

Konietzko, H.

Die chronische Bleivergiftung

Die medizinische Welt, 1979

Kostal, K. & Momcilovic, B.

The Effect of Lactation on the Absorption of ^{203}Pb and ^{47}Ca in Rats

Health Physics 23, 383-384, 1972

Kreglinger, R.

Untersuchungen zum Bleigehalt menschlicher Knochen

Diss. LMU- München, 1974

Lehnert, G.

Chronische Schwermetallvergiftung

Internist 17, 411-419, 1976

Mackenzie

Environmental lead and young children

CMA J. 124, 1347-1348, 1980

Mahaffey, K.R.

Relations between quantities of lead ingested and health effects of lead in humans

Pediatrics N.Y. 59, 448-456, 1977

Marcus, A. H.

Multicompartment Kinetic Models for lead

Environmental Research 36, 000-000, 1985

Markkanen, T. & Aho, J. :

Metabolic aspects of Tracer metal Content of Gallstones and Gallbladders

Acta Chir. Scand. 138, 301-305, 1972

Mielev, N., Sattler, E.L. & Menden, E.:

Aufnahme und Einlagerung von Blei im Körper unter verschiedenen Ernährungsbedingungen.

Medizin und Ernährung 11, 128-136, 1970

Mielke, H. W., Bruce B., Burroughs, S. and

Hassinger, N.

Urban Lead Levels in Minneapolis : The Case of the Hmong Children

Environmental Research 34, 64-76, 1984

Murozumi, M., Chow, Tsalhwa, J. & Patterson, C.:
Chemical Concentrations of Pollutant Lead Aerosols,
terrestrial Dusts and Sea Salts in Greenland and Antarctic
Snow Strata.

Geochim. Cosmochim. Acta 33, 1247-1294, 1969

Murphy, G.K., Rhea, U. & Peeler, J.T. :
Rubidium and Lead Content of Market Milk
J. Dairy Sci. 50, 651-654, 1967

Needleman, H.L.

Lead at low dose and the behavior of children
Acta psychiat. scand. 67, Suppl. 303, 26-37, 1983

Nordberg, G.F.

Effects and Doserespns, Relationships of Toxic Metals
Elsevier-Verlag, Amsterdam, 1976

Packham, R.F.

The Leaching of Toxic Stabilizers From Unplasticized
PVC Waterpipes
Part III - The Measurment of Extractable Lead in PVC Pipes.
Wat. Treat. Exam. 20, 152-164, 1972

Piper, R.

Paints and painted Surfaces
Annn. Occup. Hyg. 15, 111-116, 1972

Precht, M.

Bio-Statistik
Oldenburg

Rabinowitz, M.B., Wetherill, G.W., Kopple, J.D.

Kinetic analysis of lead metabolism in healthy humans
J. Clin. Invest 58; 260, 1976

Rabinowitz, M.B., Wetherill, G.W., Kopple, J.D.
Studies of human lead metabolism by use of stable isotope
tracers

Health persp. 7, 38-45, 1977

Ratcliffe, J.M.

Lead in Man and the Environment

Wiley, New York, 1981

Rice, D.C., Willes, R.F.

Neonatal low-level lead exposure in monkeys (macaca
Jasciularis): Effect on two choice non-spatial form
discrimination

J. Environm. Pathol. Toxicol. 2, 1195-1203, 1979

Rohen, J., Anatomie,

Schattauer Verlag, Stuttgart - New York, 1977

Ryu, J.E., Ziegler, E.E., Forman, J.S.

Maternal Lead Exposure and Blood Lead Concentration in
Infancy

J. Pediatric. 93 : 476, 1978

Sachs, H.K.

The evolution of the radiologic lead line

Radiology 139, 81-85, 1981

Schroeder, H.A. and Mitchener, M.:

Toxic Effects of Trace Elements on The Reproduction of Mice
and Rats

Arch. Environ. Health 23:102, 1971

Seubert, A., Seubert, S., Nottbohm, C., Ippen, H.

Epidemiological study on the relationship between
lead exposure and porphyrin metabolism

Int. J. Biochem. 12, 891-895, 1980

Science Council of Canada :

Policies and Poisons. The Containment of Long-Term Hazards to Human Health in the Environment and the Workplace
rep no 28 Supply and Services Canada, Ottawa, 1977

Six, K. M. & Goyer, R.A.

The Tissue Influence of Iron Deficiency on Tissue Content and Toxicity of Ingested Lead in the Rat

J. Lab. Clin. Med. 79, 128-136, 1972

Strelow, C.D. & Knelp, T.J.:

The Distribution of Lead and Zinc in the Human Skeleton

Am. Industr. Hyg. Ass. J. 30, 372-378, 1969

Thomas, H.V., Milmore, B.K., Heldbreder, G.A., Kogan, B.A.:

Blood Lead of Persons Living near Freeways

Arch. Environ. Health 15, 695-702, 1967

Tipton, I., Schaffer, J.

Statistical analyses of lung trace element levels

Arch. Environ. Health 8, 1964

Tsuchiya, K.

Handbook of the toxicology of metals

Biomedical press, New York, 1979

US Congress house committee on science and technology,

subcommittee on the environment and the atmosphere :

Report on the Costs and Effects of Chronic Exposure of low-level Pollutants in the Environment,

US Govt Printing Office, Washington, 1976

Wladron, H.A., Stöten D.:

Subclinical Lead Poisoning

Acad Pr, New York, 1974

Welchard, H., Nay, N. und Speh, H.

Zbl Arbeitsmed 20, 1970

W H O

Task force on environmental criteria for lead :

Lead, WHO, Genf, 1977

W H O tech. Rep. Ser.:

Evaluation of certain food additives and the contaminate

Mercury, Lead and Cadmium 505, 1.32, 1972

Yule, W., Landsdown, R., Millar, I.B., Urbanowitz, M.

The relationship between blood lead concentration,
intelligents and attainment in a school population:

A pilot study

Dev. Med. Child. Neurol. 23, 567-571, 1981

Zink, P. und Schwerd, Th.

Bleibelastung und Technisierung

Wiener Medizinische Wochenschrift Nr. 9/1978

Lebenslauf

Am 03.01.1954 wurde ich als erster Sohn des Molkermeistermeisters Johann Ott und seiner Ehefrau, der Zahnärztin Dr. Anneliese Ott, geb. Berger in Zusmarshausen, Kreis Augsburg / Schwaben, geboren.

Nach dem Besuch der Volksschule in Altenmünster von 1960 bis 1965 und des Maristen-Kolleges in Mindelheim von 1965 bis 1974 bestand ich am 21.06.1974 die Reifeprüfung.

Von Juli 1974 bis September 1975 leistete ich meinen Wehrdienst in Bruchsal und Dillingen / Donau.

In der Zeit von Oktober 1975 bis März 1978 erlernte ich das Handwerk des Zahntechnikers.
Bis Oktober 1979 arbeitete ich als Zahntechniker in einem Dental-Labor in Augsburg.

Ab Herbst 1979 studierte ich Zahnmedizin; zunächst an der Universität Freiburg / Breisgau, ab dem vierten Semester an der LMU-München. Die zahnärztliche Prüfung bestand ich am 22.01.1985. Seither bin ich als Auszubildungsassistent in einer zahnärztlichen Praxis tätig.

Seit 1979 bin ich mit meiner Frau Gerlinde, geb. Erhard, verheiratet; gemeinsam haben wir unsere Söhne Tobias und Michael.



It is the duty of the State to protect the rights of its citizens and to maintain the peace and order of the community. The State has the right to regulate the conduct of its citizens and to enforce the laws of the land.

The State has the right to regulate the conduct of its citizens and to enforce the laws of the land. It is the duty of the State to protect the rights of its citizens and to maintain the peace and order of the community.

The State has the right to regulate the conduct of its citizens and to enforce the laws of the land. It is the duty of the State to protect the rights of its citizens and to maintain the peace and order of the community.

The State has the right to regulate the conduct of its citizens and to enforce the laws of the land. It is the duty of the State to protect the rights of its citizens and to maintain the peace and order of the community.

The State has the right to regulate the conduct of its citizens and to enforce the laws of the land. It is the duty of the State to protect the rights of its citizens and to maintain the peace and order of the community.

The State has the right to regulate the conduct of its citizens and to enforce the laws of the land. It is the duty of the State to protect the rights of its citizens and to maintain the peace and order of the community.

